

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
AZCAPOTZALCO**

MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL

TESIS:

**"COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL POR HUNDIMIENTOS DE
EDIFICACIONES UBICADAS EN DISTINTAS ZONAS EN LA
CIUDAD DE PACHUCA"**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA**

**PRESENTA:
MARTÍN ANTONIO SILVA BADILLO**

**BAJO LA DIRECCIÓN DE:
DR. JOSÉ LUIS RANGEL NUÑEZ
DR. AMADOR TERÁN GILMORE
M.I. VICTOR MANUEL GÓMEZ NAVARRO**

FECHA: (MAYO, 2006)

MEXICO, D.F., MEXICO

ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN.	1
CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN.	4
1.1 ANTECEDENTES.	4
1.2 JUSTIFICACIÓN.	4
1.3 OBJETIVOS.	5
1.4 HIPÓTESIS O SUPUESTOS.	6
1.5 TÍTULO DEL TRABAJO.	6
CAPITULO 2 FUNDAMENTOS.	7
2.1 REFERENTES TEÓRICOS Y CONTEXTO.	7
2.1.1. MATERIALES PARA MAMPOSTERÍA	7
2.1.2. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE EDIFICACIONES EXISTENTES	12
2.1.2.1 CRITERIOS PARA DETERMINAR EL GRADO DE DAÑO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES (MEP)	15
2.1.2.2 CRITERIOS PARA DETERMINAR EL GRADO DE DAÑO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES (EME)	19
2.1.3. HUNDIMIENTOS	23
2.2 INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL.	25
2.2.1. HUNDIMIENTOS PRESENTADOS EN PACHUCA	25
2.2.2. SISMOS PRESENTADOS EN PACHUCA	26
2.2.3. INVESTIGACIÓN HEMEROGRÁFICA	26
2.2.4. ESTUDIOS Y MEDIDAS ADOPTADAS EN LAS ZONAS DE RIESGO DE PACHUCA	28
2.3 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN Y ESTRUCTURACIÓN DE LA INFORMACIÓN	29
CAPITULO 3 MÉTODO O PROCEDIMIENTO.	30
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.	30

	Página
3.2 CATEGORIAS, VARIABLES E INDICADORES.	31
3.3 MUESTRA O UNIDAD DE ANÁLISIS.	32
3.4 SELECCIÓN Y DESARROLLO DE INSTRUMENTOS.	33
3.5 TRABAJO DE CAMPO	37
CAPITULO 4 ZONAS DE RIESGO POR HUNDIMIENTO.	
4.1 LOCALIZACIÓN.	38
4.1.1. ZONAS DE ALTO RIESGO DE PACHUCA	38
4.1.2. ZONAS DE RIEGO POR HUNDIMIENTO EN EL ESTADO DE HIDALGO	41
4.2 ESTADO DE LAS ZONAS DE RIESGO.	42
4.2.1. ZONA DE ESTUDIO (CASO I: MINAS)	42
4.2.2. ZONA DE CULTIVO (CASO II: AGRICOLA)	42
4.2.3. ZONA DE JALES (CASO III: JALES)	43
4.3 REPRESENTACIÓN DE LA ZONAS DE RIESGO.	44
4.3.1. ZONAS DE ALTO RIESGO POR HUNDIMIENTO	44
4.3.2. SINTESIS DE RIESGOS EN LA CIUDAD DE PACHUCA	45
4.4 ASPECTOS GEOLOGICOS.	46
CAPITULO 5 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS POR HUNDIMIENTO EN DISTINTAS ZONAS UBICADAS EN LA CIUDAD DE PACHUCA.	48
5.1. CASO I : MINAS	48
5.1.1 METODOLOGÍA.	48
5.1.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN RECABADA MEDIANTE EL CENSO.	48
5.1.3 CORRELACIÓN DE LA INFORMACIÓN.	42
5.2. CASO II: AGRICOLA.	
5.2.1 METODOLOGÍA.	54
5.2.2 CENSO DE VIVIENDAS DAÑADAS POR HUNDIMIENTO.	55
5.2.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN RECABADA.	55

	Página
CONCLUSIONES.	60
RECOMENDACIONES.	61
ANEXO 1. PROPUESTA DE FORMATO DE CENSO	66
ANEXO 2. PLANOS DE LA ZONA DE ESTUDIO CASO I	71
ANEXO 3. RELACIÓN DE DATOS OBTENIDOS EN EL CENSO CASO I	74
ANEXO 4. PLANOS DE VIVIENDAS CASO II	77
ANEXO 5. REPORTES DE LABORATORIO CASO II	80
ANEXO 6. CROQUIS DE NIVELACIÓN EN VIVIENDAS CASO II	85
ANEXO 7. REPORTE FOTOGRÁFICO CASO II	93
ANEXO 8. PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN DE LA CIUDAD DE PACHUCA	105
ANEXO 9. RECOMENDACIONES PARA MAMAPOSTERÍA CONFINADA	107
ANEXO 10. RECOMENDACIONES EN REFORZAMIENTO DE MAMPOSTERÍA	110
REFERENCIAS	114

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se estudian los efectos de los hundimientos del subsuelo en las edificaciones, aplicados concretamente para tres zonas de la ciudad de Pachuca: **ZONAS DE RIESGO GEOLÓGICO, ZONAS DE CULTIVO, ZONAS DE JALES.**

En las **ZONAS DE RIESGO GEOLÓGICO**, sobre las cuales se encuentran áreas habitacionales habitadas por personas de bajo nivel socioeconómico, desplantadas sobre túneles abandonados no documentados en zonas de explotación minera de las cuales no se tienen evidencias superficiales y cuya estabilidad pudiera ser precaria.

Las **ZONAS DE CULTIVO** son terrenos donde existían parcelas y canales de irrigación sobre las cuales se están construyendo conjuntos habitacionales de interés social.

Para el caso de las **ZONAS DE JALES** se caracterizan por ser lugares en los cuales se habían estado depositando el material sobrante producto de la explotación minera, sobre las cuales desde hace menos de 3 años se empezaron a desarrollar unidades habitacionales y de las cuales hasta el momento no se han tenido problemas de hundimientos.

Cada una de las zonas es representativa de alguna causa generadora de hundimientos, por lo que es posible tener una idea general del fenómeno.

Para estas zonas se establece una metodología de observación y estudio por medio de la cual es posible determinar sus características y definir las condiciones de riesgo, que podrán ser correlacionadas con cada uno de los factores de los hundimientos.

Como primera etapa de esta investigación, se investigaron las **ZONAS DE RIESGO GEOLÓGICO** ubicándolas en un mapa como **ZONAS DE ALTO RIESGO**. La Dirección de Protección Civil del Estado de Hidalgo ha realizado censos donde se han recabado domicilio y el nombre del propietario de las viviendas que se ubican en zonas de alto riesgo.

En cada una de las **ZONAS DE ALTO RIESGO** se delimitó una **ZONA DE ESTUDIO**, para la cual resultó de particular relevancia elaborar un censo donde se identifican las características de fallas estructurales y no estructurales, con el fin de poder establecer una posible zonificación dentro de la **ZONA DE ESTUDIO**.

Para llevar a cabo el censo se elaboró un formato para recabar toda la información geotécnico-estructural de la **ZONA DE ESTUDIO** en zonas de riesgo por hundimiento.

En el diseño del formato se consideró la evaluación de edificaciones que se han visto sujetas a la acción de un sismo, para lo cual se tomaron en cuenta los tres métodos siguientes: la Escala Macro sísmica Europea (EME), el Método de Evaluación Simplificada (MES) y el Manual de Evaluación Postsísmica (MEP), de estos se consideraron las ventajas y desventajas de cada uno de ellos y se tomaron los aspectos que consideramos debía contener el formato, tomando en cuenta aquellos que nos dieran una idea clara del comportamiento estructural por hundimientos de los inmuebles por censar.

Una vez obtenida la información de los censos ésta se clasificó, ordenó e interpretó a fin de determinar las tendencias o patrones que pueden relacionar las causas del hundimiento con el riesgo o cualquier otro factor relevante. Es por ello que se consideró conveniente elaborar un croquis de la **ZONA DE ESTUDIO (CASO I: MINAS)** donde se indica el número de expediente y el grado de daño que le correspondía; posteriormente se ubican y señalan las edificaciones con igual grado de daño, con el fin de observar la distribución en planta de los diferentes grados de daño y su relación con aspectos topográficos, geológicos e hidrológicos.

Considerando las distintas zonas de la ciudad que pueden ser susceptibles a hundimientos **(ZONAS DE RIESGO GEOLÓGICO, ZONAS DE CULTIVO AGRICOLA, Y ZONAS DE JALES)**, se ubican dentro del mapa de la ciudad, para con ello obtener una propuesta de zonificación de la ciudad, y finalmente se propone para cada una de las zonas de estudio realizar una serie de acciones que nos permita tomar en cuenta posibles restricciones y recomendaciones en la construcción y evaluación de edificaciones.

Con esto consideramos este trabajo como un inicio para la investigación de los efectos de los hundimientos en las edificaciones.

CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN.

1.1 ANTECEDENTES

En la ciudad de Pachuca se localizan varias zonas donde han ocurrido hundimientos del terreno. En la zona habitacional Cubitos se ha tenido la pérdida de viviendas y, en algunos casos, desalojo o reparación.

La población que ha sido afectada fue reubicada; sin embargo, aún existen viviendas que resultaron con daños menores y siguen habitadas a pesar del riesgo que se tiene dado que sus propietarios no desean desalojar.

En Pachuca existen otras unidades habitacionales ubicadas en zonas de alto riesgo y otras con problemas de hundimiento.

El crecimiento urbano ha abarcado zonas donde se dio la explotación minera, seguramente ha afectado la estabilidad de las laderas de diversas formas: incremento en la erosión del terreno (eliminación de la vegetación), cambio del drenaje natural e infiltraciones del agua al terreno a través de fosas e instalaciones municipales.

1.2 JUSTIFICACIÓN.

Por ser una problema al cual se ha dado poca importancia, dado que los hundimientos se pueden presentar en dos formas, la primera en forma intempestiva en un determinado lugar o zona a la cual se responde muchas veces en forma improvisada y la segunda en forma gradual a través de los meses o años a los cuales se responde en forma correctiva.

Por ser de interés general y con el objeto de salvaguardar la vida de los habitantes, así como su patrimonio; se deben analizar acciones tendientes a garantizar la seguridad y aminorar los efectos en las construcciones a causa de hundimientos. Asimismo para recomendar las acciones correctivas dado un evento de esta naturaleza.

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1 OBJETIVO GENERAL.

Analizar las causas por las que se han presentado hundimientos en algunas zonas de la ciudad de Pachuca y determinar la causa de los daños en las estructuras.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

1. Se realizará una investigación documental de los hundimientos presentados en la ciudad de Pachuca.
2. Establecer una zona de estudio.
3. Correlacionar la información recabada y determinar los factores que influyeron en los hundimientos de la zona.
4. Sobre el plano de la ciudad se localizarán las zonas de riesgo que se investiguen.
5. Determinar el origen de los movimientos del terreno.
6. Clasificación de daños estructurales en las zonas afectadas.

7. Clasificación de daños provocado por hundimiento en la zona de estudio.
 - a) Establecer la metodología para la evaluación de daños estructurales.
 - b) Clasificación de daños en las estructuras a través de un censo.
 - c) Clasificar las estructuras, determinando una posible zonificación.
8. Recomendaciones para disminuir los daños en las estructuras, en las zonas afectadas por hundimiento.

1.4 HIPÓTESIS O SUPUESTOS.

- 1.4.1.** Una de la probable causa de los hundimientos es la presencia de minas abandonadas que fueron construidas durante la actividad minera intensa y que por más de 500 años han existido en Pachuca.
- 1.4.2.** Falta de reglamentación en zonas con hundimientos y procedimientos constructivos.
- 1.4.3.** La inestabilidad de taludes.
- 1.4.4.** Configuración estructural.
- 1.4.5.** Los asentamientos se han dado sobre rellenos.

1.5 TÍTULO DEL TRABAJO.

Considerando la información recabada y los objetivos de este trabajo se ha propuesto en principio el siguiente título de trabajo para esta investigación.

“COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL POR HUNDIMIENTO DE EDIFICACIONES UBICADAS EN DISTINTAS ZONAS EN LA CIUDAD DE PACHUCA”

CAPITULO 2 FUNDAMENTOS

2.1 REFERENTES TEORICOS Y CONTEXTO.

2.1.1. MATERIALES PARA MAMPOSTERÍA

Las propiedades mecánicas de los materiales para mampostería tienen una alta variabilidad comparados con el concreto y el acero. El comportamiento estructural de la mampostería ha sido motivo de estudios analíticos y experimentales los que han contribuido a la elaboración de normas para el diseño y fabricación del producto.

Unidades o piezas. Es el componente básico natural o artificial utilizado para la construcción de mampostería.

A) La piedra natural puede utilizarse sin labrar o labradas.

En cuanto a la forma que ha sido labrada la piedra natural, la mampostería se clasifica de la siguiente forma:

- Mampostería de primera. La piedra se labra en paralelepípedos regulares con su cara expuesta de forma rectangular. Las unidades de piedra de este tipo reciben el nombre de sillares.
- Mampostería de segunda. La piedra se labra en paralelepípedos de forma variable siguiendo la configuración natural con que llega de la cantera.
- Mampostería de tercera. La piedra que se utiliza con la forma irregular con que llega de la cantera, aunque procurando que la cara expuesta sea aproximadamente plana.

B) La diversidad de piedras o bloques artificiales

Se distinguen entre sí por la materia prima que las constituyen, así como por las características geométricas de las piezas y por los procesos empleados en su fabricación.

Las materias primas más utilizadas son:

- Concreto con agregados normales
- Concreto con agregados ligeros
- Arena con cal
- Barro

Los procesos de fabricación usados son:

- Cocido en horno de tabiques
- Vibro compactación de bloques de concreto
- Extrusión de bloques huecos de barro

Las unidades utilizadas en la construcción de mampostería deben cumplir con las Normas de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial para cada material.

Norma NMX-C-6 Ladrillos y bloques cerámicos de barro, arcilla o similares.

Norma NMX-C10 Bloques, ladrillos o tabiques y tabicones de concreto.

Norma NMX-C-404 Bloques, tabiques, ladrillos y tabicones para uso estructural.

De acuerdo a la norma NMX-C-404 y las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería, las piezas para uso estructural pueden ser macizas donde su área neta debe ser igual o mayor al 75% de su área total, o con huecos verticales u horizontales donde su área neta es menor al 75% de su área total pero mayor al 40% de su área total.

Para las piezas huecas el espesor mínimo de las paredes exteriores será de 2cm. Para piezas huecas de 2 a 4 celdas, el espesor mínimo de las paredes interiores deberá ser de 1.3 cm. Para piezas multiperforadas con perforaciones de las mismas dimensiones y cuya distribución sea uniforme, el espesor mínimo de las paredes interiores será de 0.70cm

Según la norma NMX-C-404 las piedras artificiales se clasifican:

- Tabique: Fabricado de forma prismática con arcillas comprimidas o extruídas, mediante un proceso de cocción o de otros materiales con procesos diferentes. Las dimensiones nominales mínimas deben ser de 5cm de alto, 10cm de ancho y 19cm de largo sin incluir la junta de albañilería.
- Bloque: Fabricado por moldeo de concreto y/o de otros materiales, puede ser macizo o hueco. Las dimensiones nominales de las piezas deben basarse en el modulo de 10cm en múltiplos o submúltiplos, estando incluida la junta de albañilería de 1cm de espesor. Sus dimensiones mínimas deben ser de 10cm de altura, 10cm de ancho y 30cm de largo.
- Tabicón: Fabricado de concreto u otros materiales. Las dimensiones nominales mínimas deben ser de 6cm de alto, 10cm de ancho y 24cm de largo. Se incluye la junta de albañilería

Además indica que para localidades donde se cuente con un reglamento de construcción, cuya vigencia sea posterior a los sismos de 1985, y que contenga disposiciones de diseño sismorresistente para estructuras de mampostería, regirán las disposiciones de dicho reglamento referentes a los requisitos de dimensiones nominales mínimas, áreas netas mínimas y espesores mínimos de piezas macizas y huecas.

En caso contrario regirán la norma NMX-C-404, que contempla la resistencia mínima a la compresión para las piezas de mampostería, bloques y tabiques recocidos debe ser de 60 Kg/cm² y para tabique extruido con hueco vertical y tabicones debe ser de 100 Kg/cm²

En la Norma 5.2.1. De las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Mampostería dice "El mortero en las juntas cubrirá totalmente las caras horizontales y verticales de la pieza. Su espesor será el mínimo que permita una capa uniforme de mortero y la alineación de las piezas. El espesor de las juntas no excederá de 1.5 cm."

Para condiciones normales de asentado, el espesor de junta está entre 1 y 1.5 cm. No son aceptables, juntas de mortero excesivas, porque reducen la resistencia a la compresión de la mampostería; tampoco lo son aquellas que sean muy delgadas porque reducen su resistencia a la tensión.

Las juntas de mortero deben ser tratadas una vez terminada una parte del asentado del muro y mientras el mortero está aún plástico. La forma común de acabado son al ras y buñadas. Que tienen como finalidad no retener agua ya que podría intemperizar al muro.

Lo dispuesto en el párrafo 6 la Norma 5.2.1. De las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Mampostería dice "Existirán elementos de refuerzo con las mismas características que las dalas y castillos en el perímetro de todo el hueco cuya dimensión exceda de la cuarta parte de la longitud del muro en la misma dirección".

Estas normas están establecidas para la ciudad de México, en donde resulta muy importante el efecto de los sismos sobre las estructuras.

En cuanto al comportamiento y diseño de edificaciones de mampostería en zonas sísmicas, se ha observado que cuando los muros de mampostería no cuentan con un adecuado confinamiento mediante dalas y castillos de concreto reforzado, o bien una cantidad insuficiente o detallado inadecuado del refuerzo en los elementos confinantes, se han detectado tres tipos de patrones de agrietamiento y causas de daño:

- Agrietamiento inclinado, ocasionado por esfuerzos de tensión diagonal en las piezas.
- Agrietamiento en forma de escalera siguiendo la junta de mortero, originado por esfuerzos de corte.
- Agrietamiento en forma de placa perimetralmente apoyada, ocasionado por los esfuerzos de corte y volteo de la estructura.

Para la ciudad de Pachuca no se tienen normas que reglamenten el uso de confinamiento en la mampostería, ni se han realizado de estudios sobre el comportamiento de edificaciones debido a efectos de los hundimientos.

La mampostería confinada es aquella en la que se colocan elementos de concreto reforzado, de sección transversal pequeña, en el perímetro de los muros; los elementos horizontales se les conoce como dalas y los elementos de confinamiento verticales se les conoce como castillos.

La importancia de los castillos radica en el confinamiento que proporcionan a los muros de mampostería ya que funcionan como un zuncho, evitando que los muros al agrietarse, queden totalmente sueltos. Además contribuyen a mantener la capacidad ante cargas laterales e incrementarla después del agrietamiento inicial. También con una adecuada cantidad y distribución del refuerzo permiten un aumento en la capacidad de deformación lateral en los muros y la disminución del deterioro de rigidez y resistencia.

2.1.2. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE EDIFICACIONES EXISTENTES

En algunos casos, la estructura no fue diseñada ni construida según una norma, tal y como ocurre en el sector de la autoconstrucción. Antes de iniciar cualquier actividad relacionada con la evaluación y el análisis, se requiere una planeación cuidadosa de modo de asegurar que se logrará comprender cabalmente el comportamiento estructural.

El término *evaluación* se define como la revisión e investigación técnica de la configuración de la estructura existente, tipos de elementos y de materiales de construcción, condición y deficiencias, así como cualquier característica relevante al análisis y diseño estructural. En la evaluación se deberán incluir elementos fabricados con otros materiales además de la mampostería.

Para la evaluación de edificaciones que se han visto sujetas a la acción de un sismo existen muchos métodos para esta investigación se consideraron los tres métodos siguientes: la Escala Macro sísmica Europea (EME), el Método de Evaluación Simplificada (MES) y el Manual de Evaluación Postsísmica (MEP)

El (MEP) contiene criterios y procedimientos para evaluar, en un lapso de pocos días después de ocurrido un terremoto, la seguridad potsísmica de edificaciones de acero, concreto reforzado, mampostería, cimentaciones y elementos no estructurales.

El objetivo principal de esta evaluación (MEP) es dictaminar si las edificaciones que soportaron un temblor pueden tener uso normal o si la entrada en ellas debe estar restringida o prohibida. Además, con esta información se pretende estimar la magnitud del desastre, así como identificar las características generales de los daños, las que pueden influir en mejoras o cambios en los reglamentos de construcción vigentes. Se trata de emplear un procedimiento razonable y uniforme, de manera que los equipos diferentes que evalúen la seguridad de la misma edificación lleguen a conclusiones esencialmente semejantes.

Este procedimiento de evaluación (MEP) de emergencia consta de dos partes. La primera es la *Evaluación Rápida*, donde se identifican, en un tiempo corto, las edificaciones que visualmente se muestran seguras y las que requieren una valoración posterior o presentan daños importantes. Estos dos últimos tipos pasan posteriormente a ser evaluados en la denominada *Evaluación Detallada*.

Los objetivos que se pretenden alcanzar con los procedimientos de evaluación que en este manual (MEP) se desarrollan son los siguientes:

- Servir de procedimiento y guía para la evaluación rápida de la seguridad de edificaciones después de un terremoto.
- Reducir, en un lapso de pocos días después de ocurrido el evento sísmico, la incidencia de lesiones y muertes de ocupantes de edificaciones dañadas por este evento, lo cual puede ocurrir por el daño estructural existe, por a posible caída o volteo de objetos o por posibles temblores secundarios después del terremoto.
- Recoger información de la magnitud del desastre evaluando el número de edificaciones habitables, dañadas o que llegaron al colapso, con el objeto de que las autoridades responsables pueden coordinar y llevar a cabo los procedimientos necesarios para la inmediata protección de las vidas humanas y alojamiento de los afectados.

El Método de Evaluación Simplificada (MES) es un método de evaluación de la capacidad sismorresistente de manera simplificada de los edificios existentes. Tiene una metodología para la evaluación de la capacidad sísmica de edificios, con el fin de identificar los inmuebles que se encuentren en las peores condiciones de vulnerabilidad.

Escala Macro sísmica Europea (EME) considera una descripción y esquema gráfico, además define en forma cualitativa cada uno de los cinco grados de daño de que consta sin que se tenga una clara diferencia entre dos grados de daño consecutivos.

Para zonas riesgo por hundimiento se propone una metodología de observación y estudio por medio de un censo, para llevar a cabo el mismo se elaboró un formato para recabar toda la información geotécnico-estructural, por medio de la cual se pretendía determinar características y definir las condiciones de riesgo de las edificaciones en la zona de estudio, mismas que podrán ser correlacionadas con cada uno de los factores de los hundimientos.

Se consideró conveniente la utilización de los criterios para determinar los grados de daño en elementos estructurales del Manual de Evaluación Postsísmica, como auxiliar en el censo que se realizaría para la zona de estudio, la cual el uso de las edificaciones primordialmente es habitacional y donde predomina la construcción a base de mampostería

Con el fin de evaluar la seguridad estructural, se considera que en la estructura de mampostería se pueden presentar los siguientes tipos de fallas:

1. Por carga axial. Se presenta por incrementos importantes de carga vertical, por lo cual la mampostería se aplasta.
2. Por flexión. Las grietas por flexión suelen aparecer súbitamente, ya que la mampostería tiene una baja capacidad a la tensión.
3. Por esfuerzo cortante. Se puede presentar mediante grietas diagonales atravesando las piezas de mampostería, o bien a través de las juntas de mortero.

En al etapa inicial de agrietamiento aparecen las primeras grietas diagonales en la parte media del muro, las cuales se presentan sobre el recubrimiento y son casi imperceptibles, a estos niveles de agrietamiento se les asigna grados de daño bajos, I y II como se describe en la tabla 2.1.2.1.

Si se presentan indicios de agrietamiento diagonal en muros confinados o grietas en la superficie entre 1 a 3 mm el grado de daño asociado será de III. Si el agrietamiento diagonal se inicia en muros no confinados, es claramente visible en muros confinados, las piezas de mampostería sufren aplastamiento, se inicia el agrietamiento en castillos y dadas se debe asignar grado de daño de IV o V según sea el caso de acuerdo con la tabla 2.1.2.1.

En al siguiente tabla 2.1.2.1 se enlistan los diferentes grados de daño para distintos materiales: acero, concreto y mampostería.

2.1.2.1. CRITERIOS PARA DETERMINAR EL GRADO DE DAÑO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES (MEP)

Para el caso de la mampostería estos criterios consideran el ancho de grietas y el tipo de fallas que toman en cuenta son por cortante y carga axial, para los grados de daño III, IV y V.

Para el caso de concreto toman en cuenta el ancho de agrietamiento para los grados de daño I, II y III, para los grados de daño IV y V consideran el acero expuesto y las fallas por aplastamiento y deformación en el sistema de piso.

Para el caso de acero no existe una clara diferencia entre grados de daño consecutivos y la magnitud de las deformaciones a que hacen referencia.

GRADO DE DAÑO	MATERIAL	DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE DAÑO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN COLUMNAS, MUROS Y SISTEMAS DE PISO
I	Concreto	Grietas pequeñas pero visibles sobre la superficie de concreto con ancho menor a 0.2mm
	Mampostería	Grietas pequeñas sobre la superficie del muro con anchos menores de 0.2mm
	Acero	Daños en elementos no estructurales, sin defectos visibles en elementos estructurales.
II	Concreto	Grietas claramente visibles con ancho entre 0.2 y 1mm
	Mampostería	Grietas claramente visibles sobre la superficie del muro con anchos entre 0.20 y 1mm
	Acero	Deformaciones dentro de las tolerancias que establecen las normas para fabricación y montaje.
III	Concreto	Agrietamiento local del recubrimiento de concreto. Grietas grandes con ancho entre 1 y 2mm.
	Mampostería	Inicio de la formación en el agrietamiento diagonal en muros confinados. Grietas considerablemente grandes en la superficie del muro con anchos entre 1 y 3mm.
	Acero	Deformaciones ligeramente superiores a las normales.
IV	Concreto	Agrietamiento local del recubrimiento de concreto y presencia de barras expuestas.
	Mampostería	Agrietamiento diagonal en muros confinados. Grietas con anchos entre 1 y 3mm. Inicio de la formación del agrietamiento diagonal en muros no confinados.
	Acero	En vigas o columnas que forman parte de marcos: pandeo local, fractura o alguna evidencia de daños en secciones del elemento estructural fuera de zonas de posible formación de articulaciones plásticas.

GRADO DE DAÑO	MATERIAL	DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE DAÑO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN COLUMNAS, MUROS Y SISTEMAS DE PISO
V	Concreto	<p>Barras de refuerzo pandeadas.</p> <p>Núcleo del concreto agrietado.</p> <p>Aplastamiento de la columna/muro.</p> <p>Asentamiento o inclinación en el sistema de piso.</p>
	Mampostería	<p>Desprendimiento de partes de piezas, aplastamiento local de la mampostería, prolongación del agrietamiento diagonal en castillos o en dadas > 1mm.</p> <p>Agrietamiento diagonal en muros no confinados.</p> <p>Deformación, inclinación horizontal o vertical apreciable del muro.</p>
	Acero	<p>En vigas o columnas que forman parte de los marcos: pandeo local, fractura o alguna evidencia de daños en secciones del elemento estructural dentro de zonas de posible formación de articulación plástica.</p> <p>En vigas de alma abierta que forman parte de marcos: fractura o pandeo de alguna cuerda o montante.</p> <p>En uniones viga-columna: pandeo local, fractura o alguna evidencia de daños, fractura de soldadura, tornillos o remaches faltantes o con algún tipo de daño.</p> <p>Pandeo o fractura de elementos de contraventeo.</p>

El (MEP) sugiere identificar los tipos de falla en los elementos estructurales de concreto (vigas columnas y losas). Para las vigas se pueden presentar fallas por flexión, cortante, flexión-cortante, pandeo del refuerzo y por adherencia. Este método considera aceptable el agrietamiento por tensión diagonal bajo condiciones de carga siempre que los anchos de grieta no excedan los indicados en la tabla 2.1.2.1., es decir que tengan hasta un grado de daño de III.

Para las columnas de concreto por tensión y compresión presentan el mismo comportamiento que el de las vigas, es decir, se genera un aplastamiento del concreto o una fluencia en el acero en tensión; otro tipo de falla se da por el deslizamiento del refuerzo, también conocida como falla de adherencia. En la figura 6.7. se muestran los agrietamientos típicos en columnas de concreto reforzado.

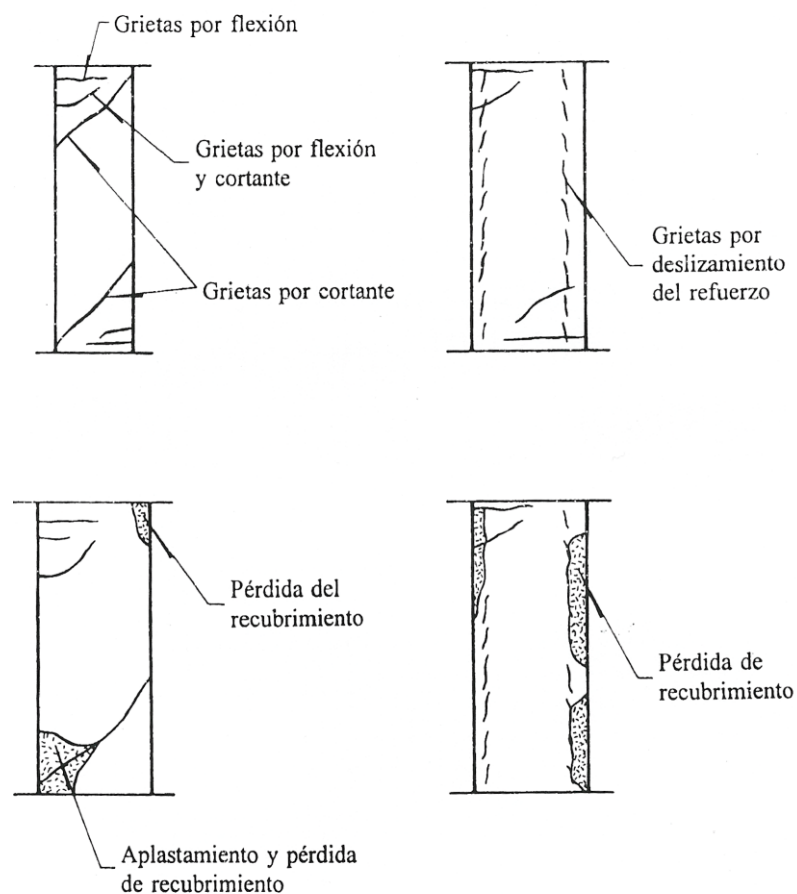
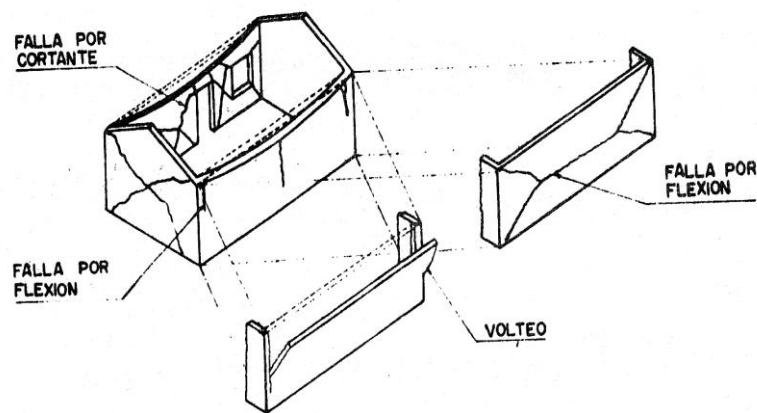


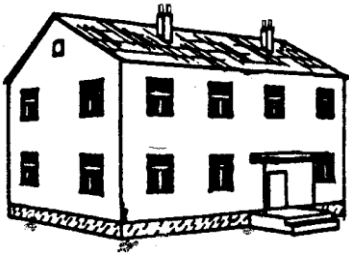


Fig. 6.7 Ejemplos de agrietamientos típicos de columnas de concreto reforzado



De acuerdo a "REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO Y MAMPOSTERÍA", para la mampostería se pueden tener distintos tipos de falla, los cuales se muestran en la figura 2.1.

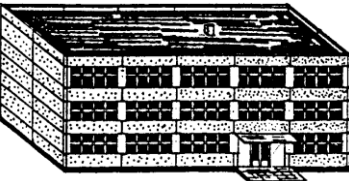
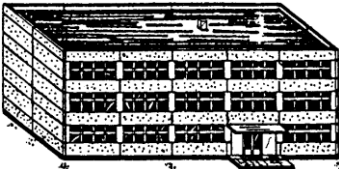


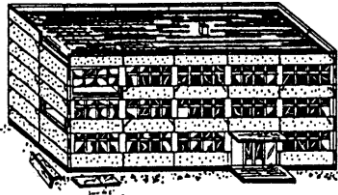
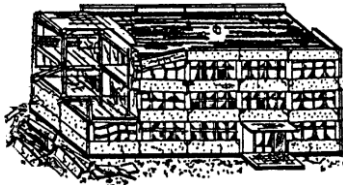

2.1.2.2. CRITERIOS PARA DETERMINAR EL GRADO DE DAÑO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES (EME)

Escala Macro sísmica Europea (EME) considera una descripción y esquema gráfico, además define en forma cualitativa cada uno de los cinco grados de daño de que consta sin que se tenga una clara diferencia entre dos grados de daño consecutivos.

GRADO DE DAÑO	MATERIAL	ESTADO DEL DAÑO	DESCRIPCIÓN
I	Mampostería		<p>Grado 1: Daños de despreciables a ligeros (ningún daño estructural, daños no-estructurales ligeros)</p> <p>Grietas superficiales en muy pocos muros. Caída sólo de pequeños trozos de recubrimiento. Caída de piedras sueltas de las partes altas de los edificios en muy pocos casos.</p>
II	Mampostería		<p>Grado 2: Daños moderados (daños estructurales ligeros, daños no-estructurales moderados)</p> <p>Grietas en muchos muros. Caída de trozos bastante grandes de recubrimiento. Colapso parcial de chimeneas.</p>
III	Mampostería		<p>Grado 3: Daños de importantes a graves (daños estructurales moderados, daños no-estructurales graves)</p> <p>Grietas grandes y generalizadas en la mayoría de los muros. Se sueltan tejas del tejado. Rotura de chimeneas por la línea del tejado. Fallas de elementos individuales no-estructurales (muros divisorios, hastiales y tejados).</p>

IV	Mampostería		<p>Grado 4: Daños muy graves (daños estructurales graves, daños no-estructurales muy graves)</p> <p>Se dañan seriamente los muros; falla estructural parcial de techos y losas.</p>
V	Mampostería		<p>Grado 5: Destrucción (daños estructurales muy graves)</p> <p>Colapso total o casi total.</p>

GRADO DE DAÑO	MATERIAL	ESTADO DEL DAÑO	DESCRIPCIÓN
I	Concreto		<p>Grado 1: Daños de despreciables a ligeros (ningún daño estructural, daños no-estructurales ligeros)</p> <p>Grietas finas en el recubrimiento de marcos o en la base de los muros.</p> <p>Grietas finas en tabiques y muros divisorios.</p>
II	Concreto		<p>Grado 2: Daños moderados (daños estructurales ligeros, daños no-estructurales moderados)</p> <p>Grietas en vigas y columnas de marcos y en muros estructurales.</p> <p>Grietas en tabiques y muros divisorios; caída de enlucidos y revestimientos frágiles. Falla del mortero de las juntas de muros prefabricados.</p>

III	Concreto		<p>Grado 3: Daños de importantes a graves (daños estructurales moderados, daños no-estructurales graves)</p> <p>Grietas en columnas y en uniones viga columna en la base de los marcos y en las uniones de los muros acoplados.</p> <p>Desconchamiento del recubrimiento del concreto, pandeo de las varillas de refuerzo.</p> <p>Grandes grietas en tabiques y muros divisorios; falla de muros prefabricados divisorios individuales.</p>
IV	Concreto		<p>Grado 4: Daños muy graves (daños estructurales graves, daños no-estructurales muy graves)</p> <p>Grandes grietas en elementos estructurales con falla en compresión del concreto y fractura de las barras de refuerzo; falla en la trabazón del refuerzo de las vigas; ladeo de columnas.</p> <p>Colapso de algunas columnas o colapso individual de un piso superior.</p>
V	Concreto		<p>Grado 5: Destrucción (daños estructurales muy graves)</p> <p>Colapso de la planta baja o de partes (por ejemplo alas) del edificio.</p>

Este método no indica el valor de los agrietamientos permisibles, para cada grado de daño, ni tampoco se refiere a los tipos de falla en los elementos estructurales tanto en concreto como en la mampostería.

Lo anterior no permite conocer claramente el grado de daño asociado a un tipo de falla en forma cuantitativa. Para un evaluador una construcción puede tener un grado de daño y para otro un grado de daño distinto, con lo cual no se tendría uniformidad en el criterio.

2.1.3 HUNDIMIENTOS

El hundimiento es la pérdida vertical de volumen de suelo, que se manifiesta a un nivel superficial por la presencia de horadaciones o la presencia de grietas en construcciones.

Este fenómeno se ha presentado predominantemente en zonas donde los asentamientos están sobre rellenos artificiales y sobre terrenos no compactados, que provocan la falla de los elementos estructurales de las construcciones.

En la ciudad de Pachuca se pueden mencionar las **ZONAS DE RIESGO GEOLÓGICO** que en esta investigación designaremos como el **CASO I: MINAS**, sobre las cuales se encuentran áreas habitacionales sobre túneles abandonados no documentados en zonas de explotación minera y de las cuales no se tienen evidencias superficiales, actualmente a dichas construcciones no se aplican restricciones en la construcción sobre estas zonas.

Además se tienen las **ZONAS DE CULTIVO AGRÍCOLA** que designaremos como **CASO II: AGRÍCOLA**, para la zona conurbada de la ciudad recientemente se han construido unidades habitacionales de interés social sobre lo anteriormente eran terrenos de cultivo, para dichas construcciones básicamente se han utilizado losas de cimentación, tampoco se aplican restricciones en la construcción sobre estas zonas.

Asimismo a partir del año 2003 se han construido y a la fecha se continúan construyendo viviendas en las unidades habitacionales "Residencial La Puerta de Hierro", "La Moraleja" y "Fraccionamiento Bonanza" en las **ZONAS DE JALES** que designaremos como **CASO III: JALES**, las cuales se están desplantando en una zona de la ciudad en donde están depositados "Jales" material producto de la explotación minera de la ciudad, mismos que tiene una altura variable y de los cuales se ha retirando material en una altura entre 7 y 14 m, llegando hasta los niveles de proyecto.

Hasta el momento en las **ZONAS DE JALES** no se han presentado problemas por hundimiento en éstas unidades habitacionales.

Para los tres casos anteriormente mencionados no existe una reglamentación específica en la ciudad, más aun en el Reglamento de Construcciones para el Municipio de Pachuca de Soto, Hgo., que fue publicado en el periódico Oficial el 30 de diciembre de 1996, no contempla alguno de los casos anteriores.

Resulta de gran importancia establecer una zonificación de la ciudad en donde se contemplen las tres zonas antes mencionadas, y se establezcan restricciones y recomendaciones constructivas para cada una de ellas, con el fin de atenuar los efectos de los hundimientos sobre las edificaciones.



Foto 1. Vista Aérea del Área de Desarrollo del Proyecto "PUERTA DE HIERRO" en dirección S45°E. Jueves 11 Marzo 2004.

2.2 INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL.

2.2.1. HUNDIMIENTOS PRESENTADOS EN PACHUCA.

La Dirección Estatal de Protección Civil, tiene registrados todos los fenómenos presentados en un Atlas Estatal de Riesgos, en el cual están registrados los siguientes:

- Calle el Rosario 2a. Sección Col. Nueva Estrella, 19/02/93, 28 damnificados.
- Boulevard Rojo Gómez, 11/05/94, interrupción de tráfico vehicular
- Col. Cubitos, 15/09/94, 7 viviendas afectadas, 35 damnificados, deslizamiento.
- Col. Cubitos, 25/03/95, 19 viviendas con grandes daños, 22 viviendas con daños menores, así como la Esc. Prim. Bartolomé de Medina, Kinder Héroes de Chapultepec, 510 damnificados, hundimiento y deslizamiento.
- Cabecera municipal, 27/12/95, hundimiento.
- Cabecera municipal, 17/07/96, hundimiento.
- Calle de Galeana, 23/08/99, suspensión de tránsito vehicular.

Además se tiene conocimiento:

- Col. Arbolito, 14/10/2005, 62 viviendas desalojadas, 200 damnificados, viviendas sobre un tiro de mina.



Juana López es una vecina de Pachuca que regresó a su hogar, ubicado en zonas de hundimiento entre las calles Peñuñuri y Observatorio. (Foto: Antonio Madrid. Información en la página dos).

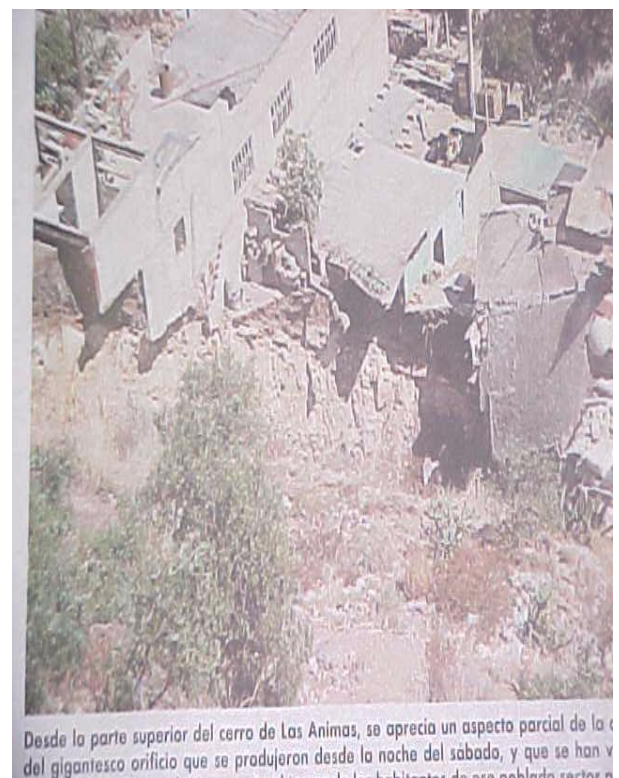
2.2.2. SISMOS PRESENTADOS EN PACHUCA.

Se investigaron los sismos que han tenido repercusión en la ciudad, de los que se encontró registro, y son los siguientes:

- 18/11/1837, se sintió un temblor muy leve.
- 19/06/1858, se sintió muy leve y no causo desgracia, en la población de Mineral del Monte produjo el derrumbe de algunas minas y una de las paredes mato a un ingles.
- 03/10/1864, se sintió en Mineral del Monte.
- 19/07/1882, oscilatorio y trepidatorio se sintió ligeramente en Real del Monte y muy fuerte en Tlanchinol, con una duración de 60 s.
- 02/11/1894, se sintió muy leve.
- 16/03/1908, oscilatorio ligero.
- 29/07/1909, oscilatorio.
- 30/07/1909, tres temblores oscilatorio, 15 seg, con intervalo de medio minuto
- 15/06/1998, sismo, Villas de Pachuca, Venustiano Carranza, Barrio el Arbolito, 6 viviendas afectadas, edificio ISSSTE, edificio INEGI, 2 lesionados. (Estructuras ubicadas fuera de las zonas de riesgo geológico).

2.2.3. INVESTIGACIÓN HEMEROGRÁFICA

Se realizó una búsqueda en los diarios de circulación local de los hundimientos presentados en la ciudad, encontrando información grafica sólo de algunos de ellos.



2.2.4. ESTUDIOS Y MEDIDAS ADOPTADAS EN LAS ZONAS DE RIESGO EN PACHUCA

Como respuesta a los hundimientos presentados, se han realizado estudios diversos con la finalidad de analizar y delimitar el problema de hundimiento que se ha presentado en distintas zonas de la ciudad.

- ESTUDIO DE ZONAS DE RIESGO REALIZADO POR EL INSTITUTO DE GEOFÍSICA DE LA UNAM, EN 1994.
- ESTUDIO DE ZONAS DE RIESGO POR EXPLOTACIÓN MINERA (IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN) REALIZADO POR EL CONSEJO DE RECURSOS MINERALES, EN NOVIEMBRE DE 1996.
- PROTECCIÓN CIVIL ESTATAL REALIZÓ UN CENSO DE LAS VIVIENDAS LOCALIZADAS DONDE EXISTEN TIROS DE MINAS Y OBRAS MINERAS DE ACUERDO AL ESTUDIO REALIZADO POR LA GERENCIA DE GEOFISICA DEL CONSEJO DE RECURSOS MINERALES. ENERO DE 1997.
- DECRETO DONDE SE DECLARAN LAS ZONAS DE ALTO RIESGO DE PACHUCA, PUBLICADO EN EL PERIODICO OFICIAL DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE HIDALGO EL 21 DE ABRIL DE 1997. (VER ANEXO A)
- DESDE EL AÑO DE 1996 SE HAN REUBICADO A LAS PERSONAS QUE HABITABAN LAS VIVIENDAS DAÑADAS EN LOS HUNDIMIENTOS PRESENTADOS HASTA LA FECHA EN LA CIUDAD DE PACHUCA.

En cuanto los estudios realizados en 1994 y noviembre de 1996, se realizaron con el fin de ubicar zonas de alto riesgo definiendo de esta manera a las zonas donde se tiene un abrigo menor de 50m., sin tomar en cuenta condiciones estructurales de los inmuebles dentro de estas zonas ni en zonas aledañas.

En cuanto al censo efectuado por la Dirección Estatal de Protección Civil, solo recababa datos generales de los inmuebles. En cuanto al Decreto del 21 de abril de 1997, se publicó con base al estudio realizado en 1996.

Por lo anteriormente expuesto se consideró necesario elaborar un censo de las viviendas dentro y en la periferia de las zonas de alto riesgo, considerando una de estas zonas como zona de estudio. Para dicho censo se pensó necesario contemplar información general, información de daños estructurales e información complementaria con el fin de correlacionarla, para talvez obtener un patrón y determinar una zonificación más clara.

2.3 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN Y ESTRUCTURACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Al no disponer de información detallada de los daños producto de los hundimientos y con el fin de tener cual fue el comportamiento de las edificaciones en los hundimientos, se recurrió a las metodologías planteadas para la evaluación de edificaciones dañadas por sismo, como referencia y punto de partida para la elaboración del formato del censo que se realizaría.

Se analizaron las metodologías y considerando la información disponible en los estudios realizados en las zonas de hundimiento, se hace el planteamiento de tener información precisa de cada edificación en cuanto a su ubicación, estructuración, materiales estructurales, los daños presentados y la magnitud de los hundimientos, misma que debía obtenerse mediante un censo.

Para recabar la información se propuso un formato, con el fin de poder recabar y organizar dicha información para estar en posibilidad de correlacionarla entre si.

Con la información anterior se hizo necesario recabar información geológica, traza urbana de la ciudad y topografía, para poder correlacionarla con la información que se recabaría mediante el censo, y así obtener las conclusiones y recomendaciones de los daños presentados en las edificaciones.

CAPITULO 3. MÉTODO O PROCEDIMIENTO.

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Se realizó una investigación documental con el fin de ubicar en contexto la problemática, además de hacer una investigación de campo para la **ZONA DE ESTUDIO (CASO I: MINAS)**, de la cual se obtendrían datos de las construcciones como: tipo de material, cimentación, daños en la construcción, entre otros que nos permitirán evaluar la construcción y definir si el estado actual es debido a los hundimientos o a otros factores como podría ser la estructuración o el procedimiento constructivo empleado, o la conjunción de factores diversos.

Debido a los hundimientos presentados en algunas zonas de la ciudad de Pachuca han resultado dañadas viviendas total o parcialmente, algunas fueron desalojadas y demolidas totalmente y otras aún son habitadas, por lo que se hace necesario tener un inventario de las viviendas con el fin de clasificarlas por los daños presentados en los elementos estructurales y no estructurales.



Fotos 3.1, 3.2 SE OBSERVA QUE CERCANO A LA ZONA DE HUNDIMIENTO SE ENCUENTRAN LAS INSTALACIONES EN DESUSO DE LA MINA "EL ALAMO"

3. 2 CATEGORÍAS, VARIABLES E INDICADORES.

Se hicieron inspecciones físicas a las edificaciones en las que se determinaron como están estructuradas, los materiales utilizados, así como el estado de conservación y mantenimiento.

En principio se consideró la ubicación de las zonas de alto riesgo, se observó la ubicación en la ciudad, de estas se tomó una como zona de interés justificando las razones de elegirla.

Fue importante considerar los efectos en la cimentación, como el grado de daño en la edificación, nos podrían indicar si los daños observados son debidos a los hundimientos, o a algún otro factor.



Fotos 3.3. y 3.4. Se observa fachada y agrietamiento en muro, expediente número 31.

3.3 MUESTRA O UNIDAD DE ANALISIS.

De las **ZONAS DE RIESGO GEOLÓGICO** se propuso como **ZONA DE ESTUDIO (CASO I:MINAS)** la correspondiente a la unidad habitacional cubitos, la que se detallará en el caso I del capítulo V, se esta considerando debido a dos razones principales, Primero: por haberse presentado en esta zona los hundimientos más representativos en los cuales un número considerable de viviendas resultaron dañadas severamente y Segundo: en el Atlas Estatal de Riesgos se mencionan construcciones tales como la Escuela Primaria "Bartolomé de Medina" que tuvo daños por el hundimiento presentado en el año de 1995, dicha construcción queda fuera de la zona de alto riesgo mencionada en el decreto del 21 de abril de 1997. En el plano 3.3. se señala como zona de estudio el área sombreada.



Plano 3.3

3.4 SELECCIÓN Y DESARROLLO DE INSTRUMENTOS.

Como un referente en cuanto al desarrollo del formato de evaluación se consideraron tres métodos de evaluación de edificaciones después de un sismo como son las siguientes.

Para la evaluación de edificaciones que se han visto sujetas a la acción de un sismo, se cuenta con la Escala Macro sísmica Europea (EME), el Método de Evaluación Simplificada (MES) y el Manual de Evaluación Postsísmica (MEP).

Se realizó un análisis de estos métodos, se valoraron las ventajas y desventajas de cada uno de ellos y se tomó la decisión de los aspectos que debían contener el instrumento de evaluación.

En cuanto a la Escala Macro sísmica Europea (**EME**), considera para materiales de mampostería y concreto una descripción y un esquema gráfico, en forma cualitativa de cada uno de los cinco grados de daño sin que exista una clara distinción entre dos grados de daño consecutivos, es decir no proporciona una definición cuantitativa del grado de daño.

Para el Método de evaluación Simplificada (**MES**), podemos mencionar que fue propuesto para evaluar la capacidad sismorresistente de edificios existentes, consistente en tres niveles diferentes de evaluación por los cuales se va evaluando la estructura hasta encontrar que la seguridad es adecuada o que la estructura requiere de refuerzo.

Para este método (**MES**) se requiere efectuar un censo de los inmuebles para la zona a evaluar en donde se recaben: dirección, número de niveles, el uso, y el estado de daño que presentan las estructuras.

En el caso de (**MEP**), Es un procedimiento de evaluación de emergencia consta de dos partes. La primera es la *Evaluación Rápida*, donde se identifican, en un tiempo corto, las edificaciones que visualmente se muestran seguras y las que requieren una valoración posterior o presentan daños importantes. Estos dos últimos tipos pasan posteriormente a ser evaluados en la denominada *Evaluación Detallada*.

Los criterios para determinar el grado de daño en elementos estructurales los precisa de forma cuantitativa para los materiales de acero, concreto y mampostería en cinco grados de daño, que para el caso de grados de daño IV y V los clasifica por porcentaje de incidencia en elementos estructurales en la Evaluación Detallada de este método.

Para la **ZONA DE ESTUDIO (CASO I: MINAS)**, se consideró que se debía realizar en una sola visita un censo el cual nos permitiera recabar información general y particular, con el fin de evaluar el estado actual de cada vivienda, y en un primer momento relacionar los datos obtenidos. Posteriormente se planteó la necesidad de correlacionar toda la información recabada entre sí y con la información disponible de la zona.

Del análisis antes expuesto se obtuvo el **FORMATO DE EVALUACIÓN**, mismo que se propone para la evaluación de edificaciones existentes con problemas de hundimiento. (ver anexo 1)

El objetivo que se pretende con este formato es obtener información de la problemática prevaleciente en las zonas de riesgo por hundimiento, tomando en cuenta aquellos aspectos que nos podrían dar una idea más clara del comportamiento estructural por hundimientos de los inmuebles.

La información se recopilaría en una sola visita, y no en dos visitas como es el caso del (MEP) y del (MES).

La identificación de cada uno de los inmuebles se haría mediante un número consecutivo de expediente y fecha del levantamiento.

- I. **UBICACIÓN DEL INMUEBLE.** En esta parte se recabarían datos del inmueble, el número de niveles y su uso, así como el año de construcción y si se trata de autoconstrucción o de diseño ingenieril. Se ubicaría gráficamente en un croquis de localización.
 - II. **DATOS RELEVANTES SOBRE HUNDIMIENTOS.** Se plantean una serie de cuestionamientos con el fin de conocer la información de los moradores tienen sobre los hundimientos en la zona y si se han reparado por esa razón los inmuebles, asimismo para conocer los efectos en la cimentación a causa de los hundimientos, siendo de particular importancia la magnitud del hundimiento y el desplome.
 - III. **DATOS ESTRUCTURALES.** Se plantea con la necesidad de conocer de los inmuebles los materiales utilizados en la construcción, la estructuración y el tipo de cimentación, además se propone una sección para indicar observaciones particulares de cada edificación en caso de ser necesario.
 - IV. **CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.** En esta sección se recabaran datos sobre remodelaciones, mantenimiento, seguridad en caso de emergencia, así como si se presentan daños y el grado de daño en los elementos estructurales, de acuerdo a los criterios para determinar el grado de daño en elementos estructurales del Manual de Evaluación Post sísmica (MEP). Para hacer algunas precisiones particulares del inmueble se propone una sección de observaciones. Se deberá indicar si los daños fueron más severos en elementos estructurales. Se deberá indicar si es Habitable (no existe evidencia de daños importantes de la subestructura o asentamiento del terreno), o si es Insegura (Hay incertidumbre acerca de la posibilidad de daños adicionales por riesgo geotécnico como serían hundimientos o deslizamiento de taludes).
 - V. **RECOMENDACIONES.** En esta sección se deberán anotar las recomendaciones de reparación a seguir para cada expediente.
-

VI. INFORMACIÓN ADICIONAL. Se deberán anexar fotos del inmueble, daños en el inmueble y grietas en elementos estructurales.

Como complemento de este **FORMATO** se adoptaron los criterios para determinar el grado de daño en elementos estructurales (MEP). (ver 2.1.2.1)

3.5 TRABAJO DE CAMPO.

Se realizó el censo de 70 viviendas en la zona de estudio con la colaboración de estudiantes de Ingeniería Civil del Instituto Tecnológico de Pachuca, como trabajo de Residencia Profesional, a quienes se les capacitó para adoptar un criterio estructural. El apoyo proporcionado por ésta institución educativa se logró cuando a las autoridades académicas del plantel se les planteó ésta investigación.

Para la realización del censo se solicitó el apoyo de la Dirección de Obras Públicas de la Presidencia Municipal de Pachuca, que mediante un oficio de presentación que nos proporcionó se efectuó el mismo.

A continuación se presenta un breve resumen de los resultados iniciales obtenidos en la realización del censo:

1. Conocimiento de diversos materiales, tipo de estructura utilizada en los inmuebles de la zona de estudio.
2. Haber realizado las encuestas con el apoyo de las personas que habitan el inmueble o vivienda.
3. Tener un criterio para evaluar el tipo de grado de daño en que se encontraron los inmuebles.

Se debe mencionar de la problemática en la realización del censo, en algunas viviendas los moradores no proporcionaron información alguna, en parte por la falta de interés y otras se quejaron de las autoridades municipales y estatales.

CAPITULO 4 ZONAS DE RIESGO POR HUNDIMIENTO.

4.1 LOCALIZACIÓN

4.1.1 ZONAS DE ALTO RIESGO EN PACHUCA.

Motivado por los hundimientos presentados en distintas zonas de la ciudad en los años 1993, 1994 y 1995, el Ejecutivo Estatal ordenó la creación de la Comisión de Estudios del suelo de la ciudad de Pachuca en el año 1995, para investigaciones del subsuelo y delimitar las zonas que por la explotación minera pudieran representar un riesgo a la población.

Esta Comisión a través del Consejo de Recursos Minerales como resultado de estudios gravimétricos, geofísicos y geológicos se identificaron zonas de alto riesgo en donde la explotación minera llegó a superficie o cuenta con un abrigo hasta de 50m, en las siguientes vetas de explotación minera Tula, El Lobo N° 1, El Lobo N° 2, Santiago, Corteza, Socavón, San José de la Gracia, Valenciana, El Perro, El Cuixi, I Porvenir, Xomulco, Milanesa, Rosario, Guadalupe y Analcos. Mismos que fueron realizados en el año 1996.

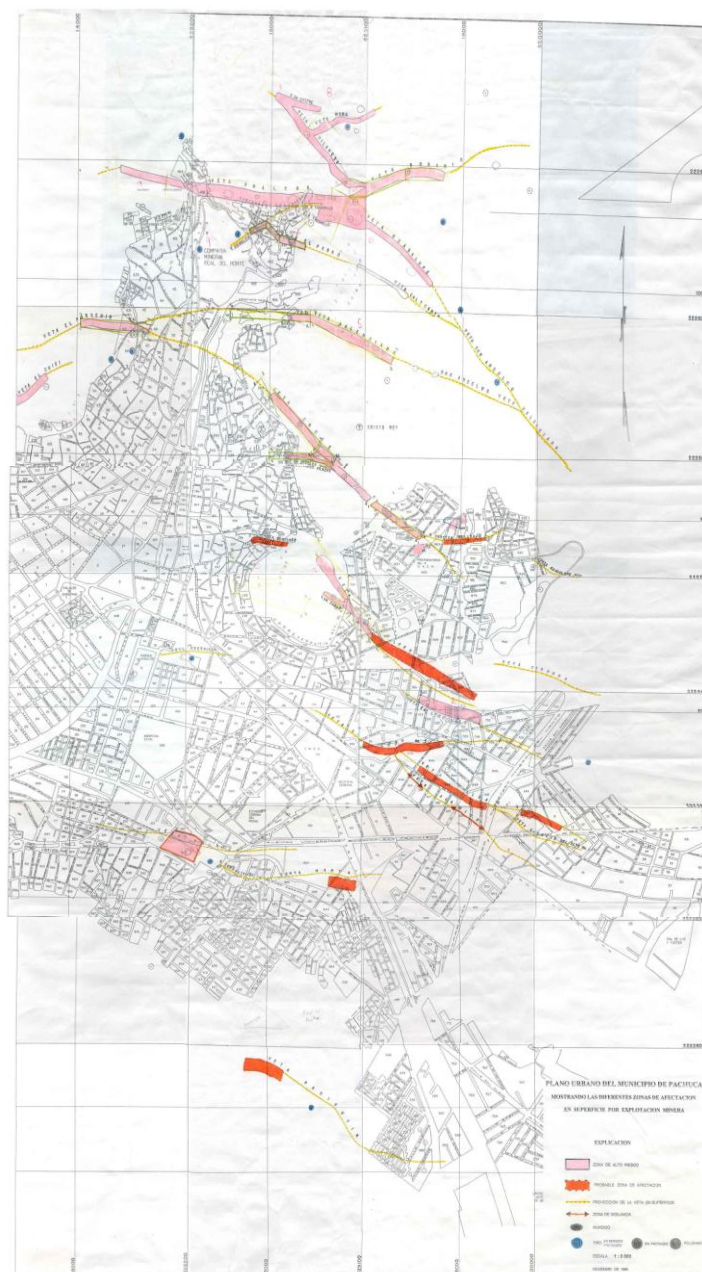
Con fundamento en los estudios mencionados el 21 de abril de 1997 se publicó en el Periódico Oficial del Estado el decreto en el que se declaran las zonas de alto riesgo para la población en el municipio de Pachuca de Soto.(ver anexo A)

Además este decreto considera:

- b) Las personas que habitan estas zonas de alto riesgo, deberán reubicarse de inmediato, desalojando las viviendas que actualmente ocupan.
- c) En las zonas de alto riesgo se prohíbe el establecimiento de asentamientos humanos o cualquier tipo de construcción.

- d) Se faculta al Poder Ejecutivo del Estado de Hidalgo, para efectuar transferencias presupuétales que se requieran, a fin de entregar un lote urbanizado para cada vivienda y para que en todos los casos en que por su situación económica se justifique, auxiliar con un paquete de materiales de construcción a las familias reubicadas.
- e) Se faculta al Ejecutivo del Estado de Hidalgo, para delimitar físicamente las zonas de alto riesgo.

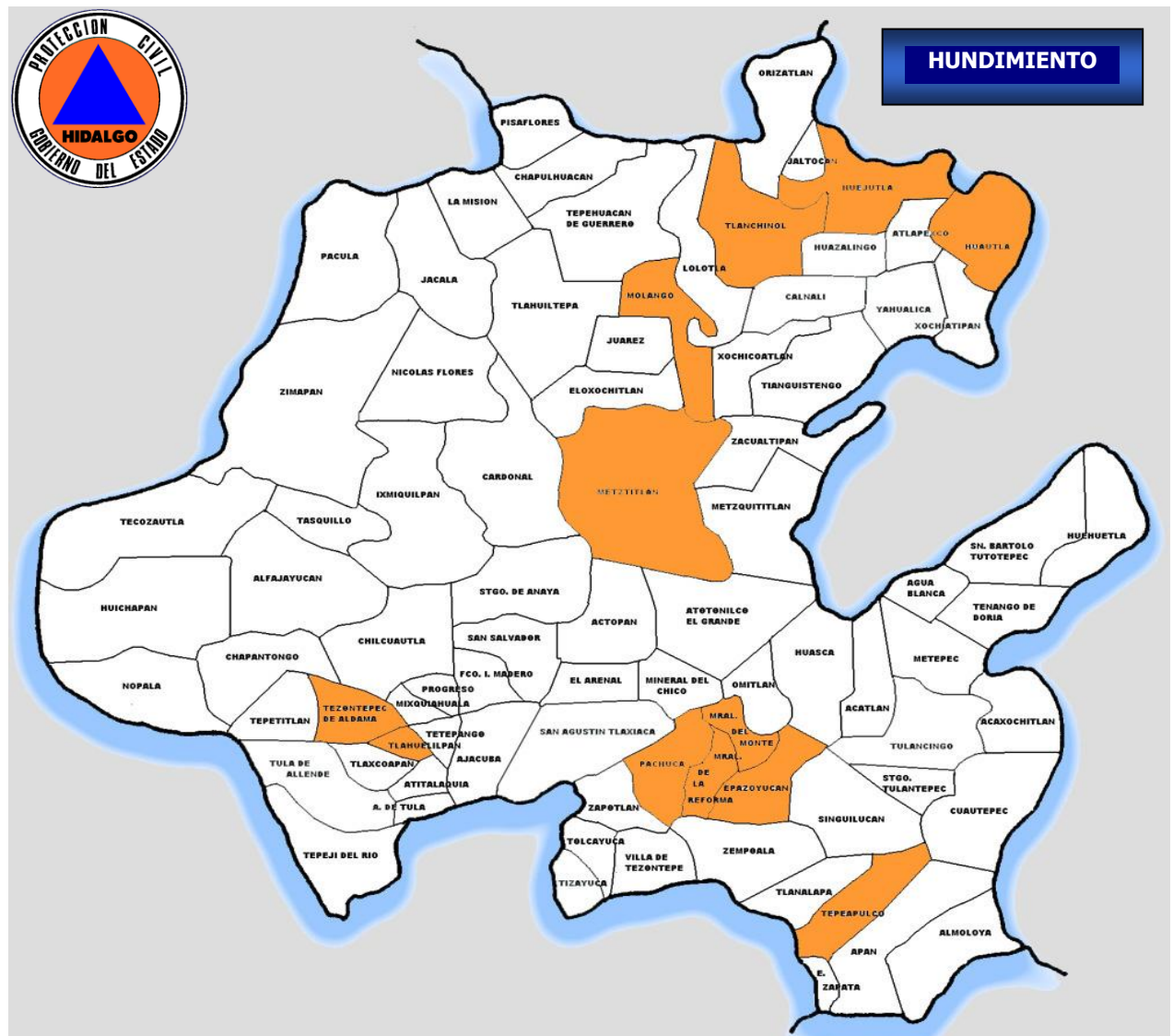
En el caso de la ciudad de Pachuca tienen considerado en el Atlas Estatal de Riesgos, mediante el Plano 4.1, la delimitación de zonas de alto riesgo (polígonos sombreados en color rosa), sin embargo no corresponden exactamente a las indicadas en el decreto del 21 de abril de 1997.



PLANO 4.1 ZONAS DE RIESGO POR HUNDIMIENTO EN LA CIUDAD DE PACHUCA DE ACUERDO AL ATLAS ESTATAL DE RIESGOS.

4.1.2 ZONAS DE RIESGO POR HUNDIMIENTO EN EL ESTADO DE HIDALGO.

De acuerdo a la Dirección Estatal de Protección Civil en el estado de Hidalgo existen otros municipios en los cuales se presentan problemas por hundimiento. En el plano 4.2 se indican con un sombreado naranja los municipios en los cuales se han detectado problemas de hundimiento.



PLANO 4.2 MAPA ESTATAL DE HUNDIMIENTOS.

4.2 ESTADO DE LAS ZONAS HABITACIONALES POR HUNDIMIENTO

4.2.1 ZONA DE ESTUDIO (CASO I: MINAS)

En la **ZONA DE ESTUDIO** propuesta, corresponde a la unidad habitacional cubitos que se localiza la zona de alto riesgo “Veta Tula” de las **ZONAS DE RIESGO GEOLOGICO**, esta zona la hemos considerado para estudio debido que tuvieron daños por el hundimiento presentado en el año de 1995.

4.2.2 ZONA DE CULTIVO (CASO II: AGRICOLA)

Este caso se localiza en una parte de la ciudad donde el uso de suelo era eminentemente agrícola hasta la década de los 80’s y que actualmente se ocupa como zona de reserva de crecimiento de la ciudad.

Este caso corresponde a 6 viviendas con problemas de agrietamiento en muros principalmente, aparentemente debidas a hundimientos en el suelo donde se desplanta la cimentación de estas viviendas, las cuales forman parte del fraccionamiento “El Rinconada del Venado II” perteneciente al municipio de Mineral de la Reforma (Pachuquilla), en los límites con el municipio de Pachuca de Soto, zona conurbada de la ciudad de Pachuca.

Debido a la problemática anterior, en agosto de 2003 se tuvo la encomienda de evaluar y diagnosticar estas viviendas por parte del INFONAVIT a la empresa CONSULTORES EN INGENIERÍA APLICADA, S.C., de la cual formamos parte, y aprovechando lo investigado y analizado en este trabajo de investigación, se analizó y se pudo constatar que se trataba de un problema hundimiento en una zona de cultivo.

4.2.3. ZONA DE JALES (CASO III: JALES)

Los **JALES** de mina de Pachuca, Hidalgo, cuyos depósitos cubren y se observan en varias zonas de la ciudad capital, son el residuo fino o polvo de roca resultante o remanente del proceso de molienda y extracción de metales preciosos, principalmente oro y plata, de las explotaciones de rocas mineralizadas que dieron origen y distinguen a la ciudad.

El proceso de formación de los **JALES** es, en consecuencia, de origen físico químico, lo que determina el tamaño, la forma y la distribución de sus granos, los que al ser transportados por medios mecánicos y/o hidráulicos, en este último caso como una lechada o lodo viscoso constituido por 4 partes de agua y una parte de sólidos, y depositados en áreas de tiro al aire libre sobre el terreno natural de la zona, experimentan segregación, sedimentación, estratificación, ligera o aparente cementación y consolidación, cuando son drenados con el transcurso del tiempo.

En esta zona hasta el momento no se han tenido problemas de hundimientos y que por las características físicas de la zona pueden presentarse.

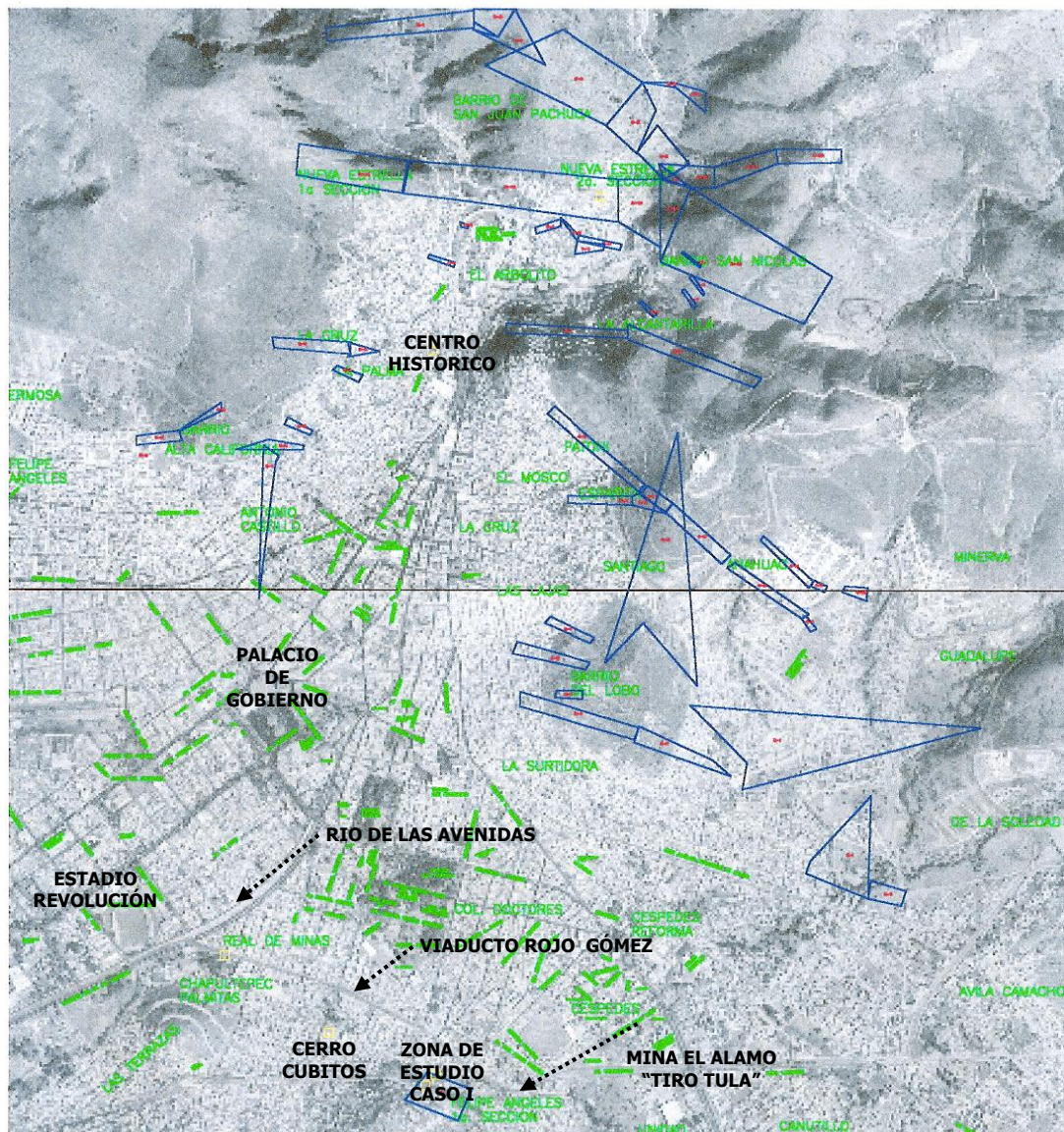


Foto 4.2.3.1. Vista del nivel de piso descubierto (derecha) del Proyecto Puerta de Hierro en el área del Boulevard Nuevo Hidalgo.

4.3 REPRESENTACIÓN DE LA ZONAS DE RIESGO.

4.3.1 ZONAS DE ALTO RIESGO POR HUNDIMIENTO.

Con la información investigada, se dibujaron los polígonos (en color azul) en el plano de la ciudad (Plano 4.3), considerando las coordenadas indicadas en el decreto de zonas de alto riesgo, y se encontraron diferencias con el correspondiente de zonas de riesgo del Atlas Estatal de Riesgos.



PLANO 4.3 REPRESENTACIÓN DE LAS ZONAS DE ALTO RIESGO POR HUNDIMIENTO,
DE ACUERDO AL DECRETO DEL 21 DE ABRIL DE 1997.

4.3.2 SINTESIS DE RIESGOS EN LA CIUDAD DE PACHUCA.

De acuerdo al Instituto Municipal de Investigación y Planeación (IMIP) dependiente de la Presidencia Municipal de Pachuca, en el Plan de Desarrollo Regional de la Zona Metropolitana de Pachuca señala: la Ciudad se ha zonificado de acuerdo a diversos grados de peligrosidad para la construcción, de acuerdo con la información de la Secretaría de Obras Públicas Municipales y del Consejo Municipal de Protección Civil. Por lo tanto, el presente proyecto de Plan de Desarrollo Regional debe considerar esta zonificación para la planeación de zonas de reserva. La zonificación que proponen indicada en el plano 4.4, es distinta a la indicada por la Dirección Estatal de Protección Civil, en el plano 4.2.



PLANO 4.4 SISTESIS DE RIESGOS.

4.4 ASPECTOS GEOLÓGICOS.

En Hidalgo confluyen 3 provincias geológicas: la Sierra Madre Oriental, la del Eje Neovolcánico y la Llanura Costera. La región de Pachuca pertenece a la provincia geológica del Eje Neovolcánico Transversal, donde predominan rocas de origen volcánico del Terciario y Cuaternario, la composición y textura son variadas, este tipo de rocas ha cubierto las rocas sedimentarias del mesozoico a través del proceso de vulcanismo.

En esta área geológica se localizan las formaciones Santiago, Corteza, Pachuca, Real de Monte, Santa Gertrudis, Vizcaína, Cerezo, Tezuantla y Zumate, las cuales datan del Oligoceno-Plioceno Inferior, dichas formaciones componen el Grupo Pachuca, que litológicamente está formada por corrientes lavicas de composición riolítica, dacítica y andesítica. También se encuentran las formaciones San Cristóbal, Atotonilco y Tarango, las cuales datan del Plioceno Superior, conformadas por rocas andesíticas y basaltos de olivino, así como por depósitos aluviales ligeramente cementados, masivos y bien estratificados.

La porción sur central, que corresponde a la zona comprendida entre Pachuca, Acayuca y Xochihuacan, está compuesta por rocas ígneas y sedimentarias del Cuaternario, principalmente a partir de productos volcánicos basálticos, masas extrusivas de traquita, depósitos aluviales, derivados de éstos y material de talud, así como de tobas, además existen depósitos aluviales recientes.

La región se caracteriza geológicamente por el predominio de rocas volcánicas extrusivas e intrusivas, aunque hay extensas áreas con predominio de rocas sedimentarias o derivados de las mismas que se traducen en suelos.

En la zona urbana de Pachuca y región prevalece en un alto porcentaje de suelo aluvial, producto de la formación de los aportes de las corrientes superficiales que atravesaron o atraviesan la Ciudad, por lo tanto el origen es reciente, que datan del Cuaternario. En el plano 4.5 se indica la Geología de la zona de estudio.



PLANO 4.5 PLANO DE GEOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO (CASO I).

CAPITULO 5 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS EN ZONAS DE RIESGO POR HUNDIMIENTO.

5.1 CASO I: MINAS.

5.1.1 METODOLOGÍA

En la **ZONA DE ESTUDIO (CASO I: MINAS)**, se realizó el censo de 70 viviendas con la colaboración de alumnos de Instituto Tecnológico de Pachuca y el apoyo de la Presidencia Municipal de Pachuca.

Se capacitaron a los evaluadores durante el mes de septiembre de 2003 y se aplicó este instrumento del 22 de octubre de 2003 al 08 de enero de 2004, recabando la información en formatos impresos, y posteriormente incorporados a un formato de archivo computacional.

Se investigó información adicional sobre la zona de estudio, para posteriormente relacionarla con los datos obtenidos mediante el censo.

5.1.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN RECABADA MEDIANTE EL CENSO

Se pudo constatar la desconfianza de los habitantes del lugar debido a que según ellos, sus peticiones no son escuchadas por las autoridades municipales y estatales, por lo que al hacer la visita de inspección algunos de ellos se mostraron inaccesibles para proporcionar algunos datos para el censo.

Para las 70 viviendas una vez realizado el censo se graficaron en un croquis de la zona de estudio, indicando el numero de expediente en la ubicación del lote para cada una de las viviendas. Indicando lo anterior en el plano 4.6.



PLANO 4.6

Posteriormente los grados de daño obtenidos para las 70 viviendas se indicaron con un color el número de expediente y el polígono para cada uno de los grados de daño. Plano PB (ver anexo 2)

Lo anterior se relaciono con la información (Geología, Topografía, Escurrimientos y Pendientes. Planos T1, H1 y G1 (Ver anexo 2).

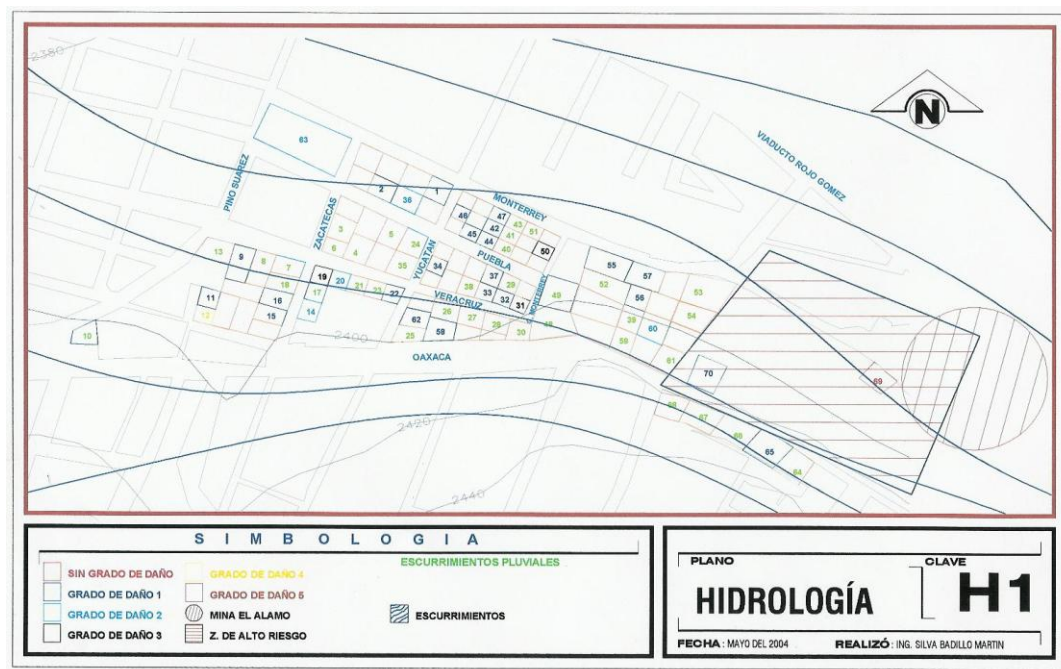
Considerando la información de escurrimientos y pendientes, se observan algunos aspectos importantes tales como:

En la zona de alto riesgo, considerando el plano H1 se observa que es el área con una mayor concentración del escurrimiento. Si se considera el plano T1 en esta área se observa un cambio en las pendientes de (más del 40%) a pendientes (del 21% al 30%). Además que en esta área es aledaña a la entrada de la mina el ALAMO.

En el plano H1 se puede observar que la concentración de los escurrimientos concurren en las calles Zacatecas, Yucatán y Cerrada de Monterrey, que funcionan como canalizaciones de los escurrimientos.

Por otra parte se puede observar una tendencia de daños alrededor de las calles Zacatecas, Yucatán y Cerrada de Monterrey, alrededor de estas calles se pueden apreciar viviendas con un grado de daño que va desde I a III.

La tendencia de daños en estas zonas tiene que ver con la concentración de escurrimientos y tal vez con la existencia de posibles cavernas por debajo de estas áreas.



Con el fin de buscar una tendencia en cuanto a los daños presentados en las viviendas se hace una propuesta de zonificación de la zona de estudio (caso I: minas), tomando en cuenta el grado de daño y la ubicación del inmueble.

Considerando los grados de daño en las viviendas de la **ZONA DE ESTUDIO (CASO I: MINAS)**, sobre un plano de la misma a cada vivienda se asigno el grado de daño determinado en el censo, después se unieron las viviendas con igual grado de daño, determinando líneas con igual grado de daño, a las cuales se les asigno un color para cada grado de daño.



PLANO 4.7.

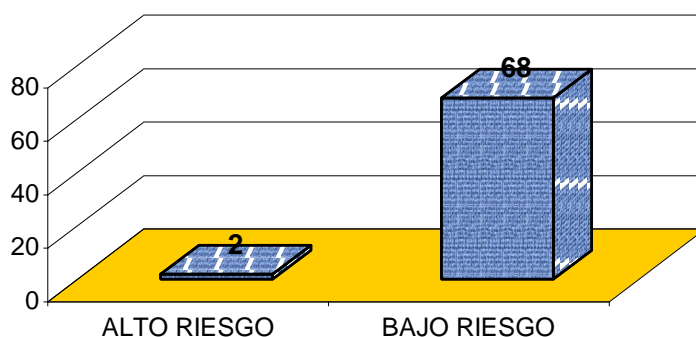
Se puede observar en el Plano 4.7 las zonas en las que existe una concentración de curvas con más grado de daño y se localizan aledañas a las calles Zacatecas, Yucatán y Cerrada de Monterrey, indicadas dicha tendencia con las flechas en color negro.

Tomando en cuenta lo analizado y determinado en los párrafos anteriores podemos concluir que para la **ZONA DE ESTUDIO (CASO I: MINAS)**, los escurrimientos se han dado sobre zonas donde el agua de lluvia se ha infiltrado y el drenaje natural ha sido modificado, lo anterior ha afectado la estabilidad de la ladera del cerro produciendo movimientos en el terreno (asentamientos) que han provocado daños en las viviendas, y tal vez con la existencia de posibles cavernas por debajo de estas áreas.

5.1.3 CORRELACIÓN DE INFORMACIÓN.

Con los datos recabados se relacionaron entre si, obteniendo algunas gráficas, las cuales nos permiten visualizar la información de la **ZONA DE ESTUDIO**. (Ver anexo 3)

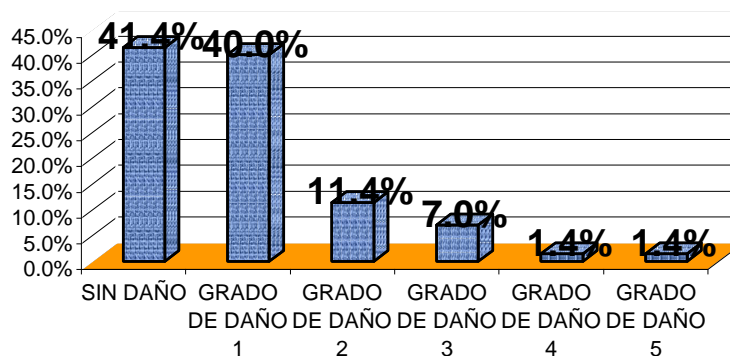
CONSTRUCCIONES QUE SE UBICAN EN ZONA DE RIESGO



GRAFICA 5.2.4.1

En la gráfica anterior 5.2.4.1 se observan la construcciones ubicados en la zona de alto riesgo y el resto fuera de esta zona, en el decreto de zonas de alto riesgo solamente consideran esta clasificación (alto riesgo), sin considerar una transición de alto riesgo a un menor riesgo.

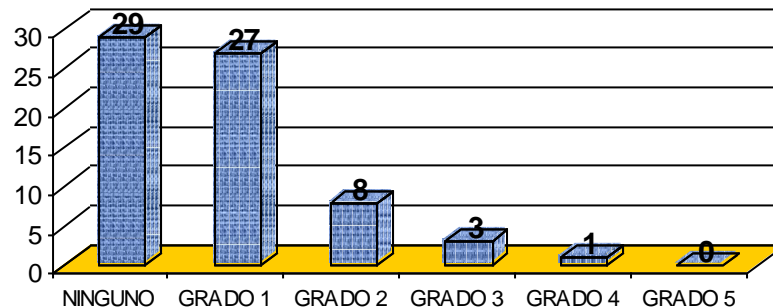
VIVIENDAS ASOCIADAS A UN GRADO DE DAÑO EN LA ZONA DE CUBITOS



GRAFICA 5.2.4.2

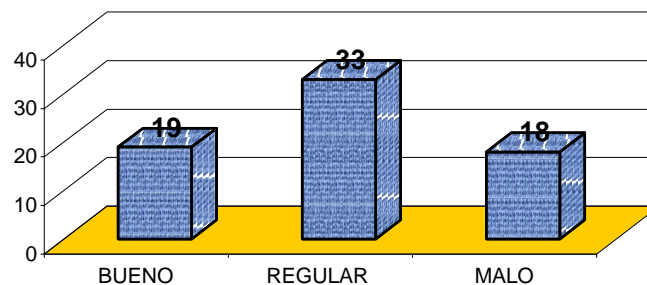
De las graficas anteriores 5.2.4.1 y 5.2.4.2 podemos determinar que la mayoría (97%) de las viviendas censadas no están dentro de la zona de alto riesgo, un 59% presentan algún daño y el 19% presentan un grado de daño mayor a 1.

NÚMERO DE CONSTRUCCIONES QUE NO SE UBICAN EN ZONA DE ALTO RIESGO ASOCIADO A UN GRADO DE DAÑO



GRAFICA 5.2.4.3

MANTENIMIENTO EN ELEMENTOS DE SOPORTE DE LAS CONSTRUCCIONES



GRAFICA 5.2.4.4

De las graficas anteriores 5.2.4.1, 5.2.4.2, 5.2.4.3 y 5.2.4.4. podemos determinar que el 59% de las viviendas presentan algún daño y el 73% presentan mantenimiento que va de regular a malo. Es decir, que el mantenimiento puede ser coadyuvante en los daños presentados en las viviendas. Precisando resulta incongruente que el 97%) de acuerdo al decreto de zonas de alto riesgo) no este considerado con algún nivel de riesgo.

5.2 CASO II: AGRICOLA.

5.2.1 METODOLOGÍA

En la ciudad de Pachuca y su zona conurbada recientemente se han construido unidades habitacionales de interés social sobre lo anteriormente eran terrenos de cultivo, para dichas construcciones básicamente se han utilizado losas de cimentación. Este caso corresponde a 6 viviendas con problemas de agrietamiento en muros principalmente, aparentemente debidas a hundimientos en el suelo donde se desplanta la cimentación de estas viviendas, las cuales forman parte del fraccionamiento "Rinconadas del Venado II" perteneciente al municipio de Mineral de la Reforma (Pachuquilla), en los límites con el municipio de Pachuca de Soto, zona conurbada de la ciudad de Pachuca.

Los habitantes de estas viviendas realizaron una demanda a la empresa constructora ya que las viviendas fueron construidas y entregadas un año antes, y en este lapso la empresa había reparado el acabado de las viviendas en tres ocasiones debido a los agrietamientos en muros y plafond. El INFONAVIT sirviendo como mediador solicito la revisión a la estructura y calidad de construcción de las viviendas, ubicadas en la calle Benigno Aladro en el Fraccionamiento Rinconadas del Venado II, que consideraremos como **ZONA DE ESTUDIO (CASO II: AGRICOLA).**

La revisión del proyecto y calidad de construcción se realizo cubriendo las siguientes etapas:

- a) Revisión de planos de proyecto.
- b) Recorrido físico de las viviendas.
- c) Elaboración de reporte fotográfico.
- d) Muestreo, prueba y análisis de los materiales de construcción utilizados.

5.2.2 CENSO DE VIVIENDAS

Se realizó el censo para estas 6 viviendas conforme al instrumento determinado en el punto 3.4, con el fin de recabar la información de cada uno de los inmuebles.

Además de realizar sondeos en la losa de cimentación, así como capas de terreno subyacente, con el fin de verificar las dimensiones construidas, calidad de los materiales empleados y calidad de los trabajos realizados por la empresa constructora, con base en los planos de proyecto y normas de construcción vigentes.

5.2.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN RECABADA.

REVISIÓN DEL PROYECTO Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN.

En esta revisión se consideró el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Mampostería, tomando en cuenta que el Reglamento y las Normas se han adoptado en la mayor parte del país, asimismo las Normas Oficiales Mexicanas que rigen la calidad de los materiales.

Se realizaron las siguientes actividades:

1. Revisión de los planos de la obra.

Se detectó que los planos de la obra están incompletos:

- ✓ No se indican castillos para los huecos de puertas y ventanas.
- ✓ No se especifican las dimensiones y calidad de los materiales a utilizar.
- ✓ Para la mampostería no se indica el tipo de piezas, resistencia y tolerancia en dimensiones a utilizar.

(Ver anexo 4)

1. Recorrido físico de las viviendas.

Se realizó una inspección visual a las viviendas de la calle Benigno Peláez con números 178,176, 174,172,170 y 168, detectando las siguientes irregularidades:

1. En los muros que presentaron agrietamientos se retiró el acabado. Observándose que las juntas de la mampostería son variables entre 1 y 6 cm, en muros rectos y curvos. Con esta deficiencia disminuye la capacidad de compresión en la mampostería.

En los muros curvos, para dar la curvatura con las piezas se debieron hacer cortes a las piezas con cuchara o con cortadora de disco y con ello tener espesores de junta aceptables. Esta es una recomendación que hace el fabricante de las piezas.

Para condiciones normales de asentado, el espesor de junta está entre 1 y 1.5 cm. No son aceptables, juntas de mortero excesivas, porque reducen la resistencia a la compresión de la mampostería; tampoco lo son aquellas que sean muy delgadas porque reducen su resistencia a la tensión.

2. En los huecos para ventanas y puertas, y en los muros ubicados en 3(A-C) de todas las viviendas no se utilizaron elementos de refuerzo vertical y horizontal (dadas y castillos), o no están ligados entre sí estos refuerzos.

Aunado a lo anterior se debe considerar el efecto de los asentamientos diferenciales en las viviendas.

3. Se realizaron sondeos **POZOS A CIELO ABIERTO** en los que se observó la existencia de dos capas en la plataforma la primera de 30cm de espesor con material de 2" a finos con exceso de humedad.

Cabe resaltar que los sondeos realizados en el patio de servicio en las viviendas 176, 174 y 170, la primera capa de la plataforma presenta exceso de humedad así como el terreno natural. Esta humedad presuntamente se infiltra del terreno colindante y del patio de servicio. Por los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio (ver anexo 5), se considera que la capa de terreno natural es inestable con la presencia de humedad.

4. Se determinó el nivel de piso promedio de cada vivienda, obteniendo los siguientes resultados:

I)	Vivienda 178.	96.328
II)	Vivienda 176.	96.283
III)	Vivienda 174.	96.306
IV)	Vivienda 168.	96.390

Se observa que la diferencia de niveles entre la vivienda 168 y 176 es de 11cm. La vivienda que presenta los agrietamientos más significativos es la que tiene el nivel topográfico más bajo.

En la vivienda 176 se tiene un diferencia entre el nivel mas alto y el nivel más bajo de 7cm. En esta vivienda se realizaron dos nivelaciones los días 14 y 21 de Agosto de 2003, dando como resultado un asentamiento de 0.40 cm, es decir que continuaba moviéndose (ver anexo 6)

5. En los muros de la fachada principal eje 6(A-B) y 7(B-E) de la vivienda 176 se presentan desplomes de 4 y 2cm, contraviniendo lo dispuesto en las tolerancias señaladas en la Norma 5.2.6 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Mampostería. En las que se señala un desplome máximo de 1.5cm.

Estos desplomes pueden ser por mal procedimiento constructivo o por los asentamientos en la estructura.

6. De acuerdo al proyecto el muro 2(A-E) es un elemento que no recibe las cargas del sistema de piso, sin embargo presento agrietamientos generados por los hundimientos que van desde el eje A hacia E. En las viviendas 176, 174 y 170.

Por tratarse de un muro que esta proporcionando rigidez al sistema estructural sin un adecuado confinamiento se agrietó.

7. Se presentaron daños en muros estructurales en:
 - I) Vivienda 176. Muros 7(B-E), 6(A-B) y castillo 6A´
 - II) Vivienda 174. Muros A(2-6), E(2-4), 7(B-E), 6(A-B).
 - III) Vivienda 170. Muros 7(B-E), 6(A-B).

2. Elaboración de reporte fotográfico.

En cuanto a las irregularidades presentadas en la obra se elaboró una descripción grafica de las irregularidades señalando en las mismas los artículos y normas que se infringieron de la legislación que se toma como referencia. (Ver anexo 7)

3. Muestreo, prueba y análisis de los materiales de construcción utilizados.

Con base en pruebas de laboratorio se determino que la compactación de la capa de terreno natural fue deficiente, así como en la primera capa de la plataforma, ambas capas presentan un exceso de humedad.

Una vez que se realizó la extracción de corazones en la losa de cimentación se determino que para el concreto hidráulico los resultados obtenidos con relación a la resistencia a la compresión de proyecto se consideran superiores en el caso de la losa de cimentación y los castillos con resistencia aceptable con base en las pruebas realizadas. (Ver anexo 5)

CONCLUSIONES

Para el **(CASO I: MINAS)** se determinan las siguientes conclusiones:

1. Para la **ZONA DE ESTUDIO**, los escurrimientos se han dado sobre zonas donde el agua de lluvia se ha infiltrado y el drenaje natural ha sido modificado, además que un alto porcentaje de suelo es aluvial, lo anterior ha afectado la estabilidad de la ladera del cerro produciendo movimientos en el terreno (asentamientos) que han provocado daños en las viviendas.
2. De las graficas 5.2.4.1 y 5.2.4.2 el 59% de las viviendas presentan algún daño y el 73% presentan mantenimiento que va de regular a malo, mismo que puede haber influido en el daño de las viviendas.

Para el **(CASO II: AGRICOLA)** se determinaron las siguientes conclusiones:

1. Se presentaron los hundimientos debido a una deficiente compactación en el terreno natural y en la plataforma de desplante de la cimentación, además de contribuir la presencia de humedad por la infiltración de humedad del terreno colindante y patio de servicio. Paralelamente a la mala compactación, el hundimiento pudo agudizarse por la presencia de la capa vegetal superficial que no fue removida o tratada.
2. Los daños más severos han ocurrido en muros de mampostería, ya que los huecos de las ventanas y algunos muros no fueron delimitados con castillos y dalas de acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Mampostería.

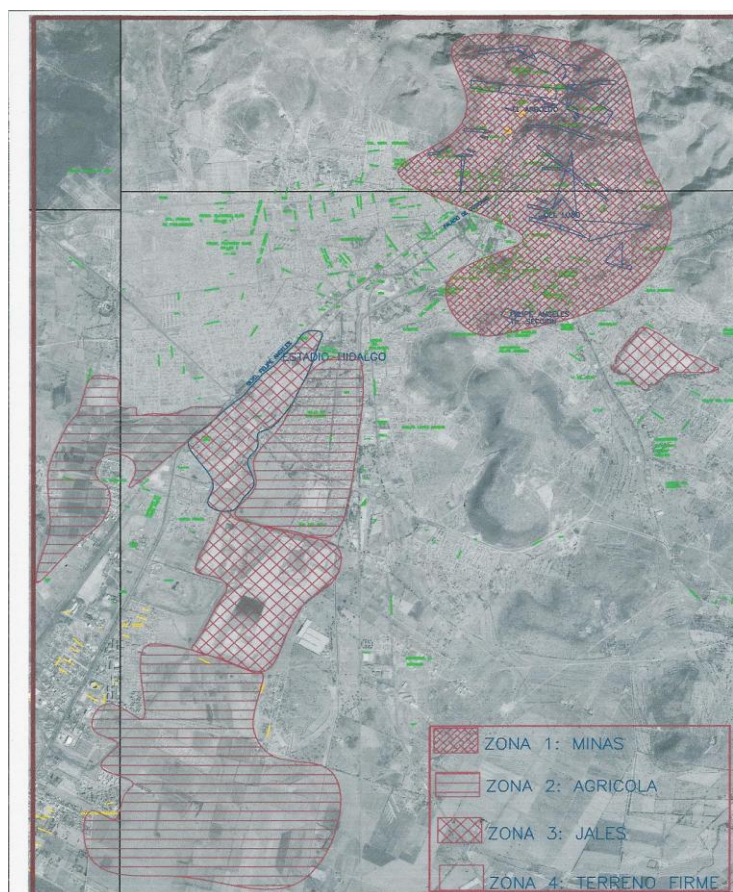
Es preciso mencionar que cuando los procedimientos constructivos fueron realizados de forma inadecuada o deficiente, fueron coadyuvantes al mal comportamiento estructural de las edificaciones.

RECOMENDACIONES

Se hace la propuesta de un formato que permita la evaluación estructural de edificaciones en zonas susceptibles a hundimientos.

Se hace una propuesta de zonificación de la ciudad de Pachuca. (Ver Anexo 8), con la información investigada, se dibujaron los polígonos (en color azul) en el plano de la ciudad (Plano 4.3), considerando las coordenadas indicadas en el decreto de zonas de alto riesgo. Trazando una envolvente conteniendo los polígonos de las zonas de alto riesgo, se obtuvo la zonificación propuesta 1: Minas.

Para la zonas propuestas ZONA 2: AGRICOLA y ZONA 3: JALES, se identificaron visualmente en el plano de la ciudad dichas zonas, trazando una envolvente que las identifica.



Con la colaboración entre las autoridades estatales y municipales se deberá determinar una zonificación de la ciudad considerando las tres zonas susceptibles a hundimientos señaladas en esta investigación y la propuesta de zonificación que hacemos, en estas zonas se deberán hacer los sondeos y estudios necesarios con el fin de determinar las características de las mismas y llegar a determinar con exactitud la zonificación de la ciudad, para las cuales se deberán hacer las disposiciones reglamentarias correspondientes.

Para el **(CASO I: MINAS)** se determinaron las siguientes recomendaciones:

1. Para dar continuidad en un futuro a esta investigación será necesario realizar censos para las otras zonas de riesgo, con el fin de determinar una posible tendencia entre los datos obtenidos.
2. Se debe evaluar la pertinencia de los datos que se están proponiendo en el formato de censo, proponiendo las mejoras que en su momento se consideren convenientes.
3. Propiciar un acercamiento con las autoridades municipales y estatales, con el fin de contribuir en la evaluación estructural de edificaciones por hundimientos conjuntamente con las evaluaciones geológicas de las zonas de alto riesgo y otras zonas susceptibles a hundimientos de la ciudad.
4. Se deberán actualizar periódicamente las zonas de alto riesgo, incorporando nuevas zonas en caso de que se llegaran a determinar éstas.
5. Para el 59% de las viviendas que presentan algún daño y el 73% presentan mantenimiento que va de regular a malo, se sugiere incluirlas en un programa de mejoramiento de vivienda.

6. En el momento que exista un nuevo reglamento para la ciudad de Pachuca se debe considerar las recomendaciones de confinamiento para mampostería confinada, considerando lo dispuesto en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Mampostería, dispuestas para el D.F. (Ver anexo 9).

Es necesario que para construcciones vayan a ser asentadas en zonas con hundimientos, una supervisión por dependencias o entidades de los procedimientos constructivos en forma exhaustiva, con el fin de que el comportamiento estructural en estas edificaciones sea adecuado.

Para el **(CASO II: AGRÍCOLA)** se determinaron las siguientes recomendaciones:

1. Disminuir la infiltración de agua, colando un firme de concreto en todo el patio de servicio y la construcción de un dren en el terreno colindante.
2. Realizar una nivelación periódica de los asentamientos en las viviendas, con el fin de determinar el comportamiento futuro de los mismos.
3. Para los muros de mampostería con agrietamientos mayores a 3mm se deberán demoler y confinar con dalas y castillos adecuadamente.
4. Se deberán confinar los huecos de las ventanas con dalas y castillos, considerando lo dispuesto en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Mampostería. (ver anexo 9).
5. Para las viviendas 176, 174 y 170 en los muros 2(A-E), 7(B-E), 6(A-B) después de efectuar lo indicado en el punto 3 de estas recomendaciones, así como en los muros con agrietamientos de hasta de 3mm se deberá reforzar con malla electrosoldada, considerando lo dispuesto en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Mampostería (ver anexo 10).

6. Los muros curvos aún con la sustitución de la mampostería deberán reforzarse con malla electrosoldada, considerando lo dispuesto en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Mampostería (ver anexo 10).
7. Para los agrietamientos en el acabado del lecho bajo de losa, se deberá proceder como se indica:
 - a) Retirar el acabado.
 - b) Revisar si el agrietamiento afecta algún elemento estructural, en cuyo caso deberá reforzarse con bandas de fibra de carbono y resina epóxica si no, colocar metal desplegado.
 - c) Reparar el acabado.

Las reparaciones señaladas en las recomendaciones anteriores fueron realizadas por la empresa constructora en septiembre de 2003.

8. Hacer la recomendación a las autoridades municipales y estatales, que cuando se desplanten edificaciones en terrenos de cultivo observen una supervisión detallada en la compactación del terreno de desplante y la estabilización del terreno en caso de ser necesario, así como en la construcción de muros de mampostería se haga conforme a la recomendación 4.

Para el **(CASO III: JALES)** para la propuesta de zonificación se hacen las siguientes recomendaciones para exploración y muestreo.

La más importante característica que determina la respuesta geotécnica de los jales es su estructura estratificada y estable, producto de su proceso de formación por sedimentación en la presa de relleno hidráulico. Las características de la respuesta y las modificaciones que pueda exhibir bajo cargas o alteraciones son determinantes en el diseño de las obras y cimentaciones.

En consecuencia, la determinación de las propiedades geotécnicas de cada estrato es un requerimiento básico.

La única forma de realizar esta determinación es si se procede a obtener muestras inalteradas o intactas, representativas, en las que se pueda verificar las características y la variación de las propiedades de los diferentes estratos que las constituyen. Por ello no es recomendable utilizar métodos indirectos de obtención de estas propiedades.

Es por ello recomendable establecer que en la medida de lo posible, los jales deben ser explorados mediante la ejecución de pozos a cielo abierto, que presentan grandes ventajas en relación con otros métodos o procedimientos, ya que permiten reconocer la naturaleza y la variación de los materiales como se va avanzado y permiten también seleccionar las muestras y las pruebas a desarrollar en ellas.

ANEXO 1

CENSO DE EDIFICACIONES EN LAS ZONAS DE RIESGO POR HUNDIMIENTO UBICADAS EN LA CIUDAD DE PACHUCA

NÚMERO DE EXPEDIENTE _____
FECHA DE LEVANTAMIENTO _____
NOMBRE DEL EVALUADOR _____
BRIGADA _____
FOTOS _____

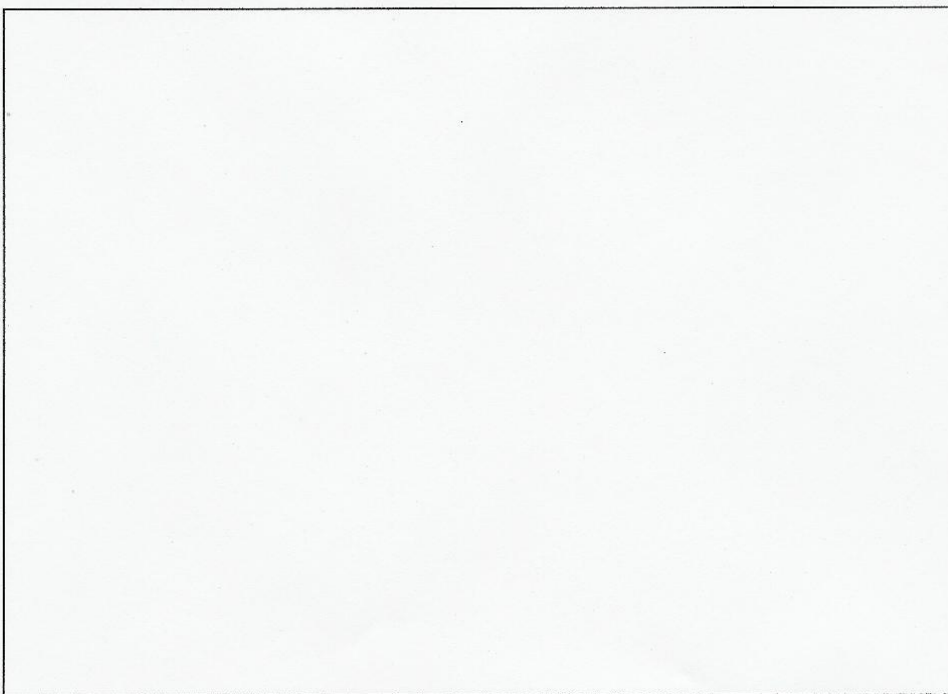
I. UBICACIÓN DEL INMUEBLE

NOMBRE DEL PROPIETARIO _____
CALLE _____ NÚMERO _____
ENTRE CALLES _____
COLONIA _____

NÚMERO DE NIVELES _____
USO POR NIVELES:
NIVEL 1 _____ NIVEL 2 _____ NIVEL 3 _____
NIVEL 4 _____ NIVEL 5 _____ NIVEL 6 _____

AÑO DE CONSTRUCCIÓN _____
DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN () 1 AUTOCONSTRUCCIÓN
2 INGENIERIL

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN:



CENSO DE EDIFICACIONES EN LAS ZONAS DE RIESGO POR HUNDIMIENTO UBICADAS EN LA CIUDAD DE PACHUCA

II. DATOS RELEVANTES SOBRE HUNDIMIENTOS

OPCIONES: 1. SI
2. NO
3. NO SABE

1. ¿SE UBICA EN ZONA DE ALTO RIESGO? ()
2. ¿PRESENTO DAÑOS EL INMUEBLE POR HUNDIMIENTOS EN LA ZONA? ()
3. ¿LOS HAN REPARADO? ()
4. AÑO DE REPARACIÓN _____
5. ¿FECHA DEL HUNDIMIENTO? _____
6. ¿HAN ESCUCHADO RUIDOS SUBTERRÁNEOS? ()
7. ¿CON QUE FRECUENCIA?
8. ¿TUVO CONOCIMIENTO DE LOS HUNDIMIENTOS EN LA ZONA? ()
9. ¿LE HAN INFORMADO SOBRE LAS ZONAS DE ALTO RIESGO Y SU DELIMITACIÓN? ()
10. ¿QUIÉN? _____
11. EFECTOS EN LA CIMENTACIÓN

DESPLOME ()	1. < 0.5%	2. < 1%	3. > 1%	4. > 2%
HUNDIMIENTO ()	1. < 5 cm.	2. < 10 cm.	3. > 10 cm.	4. > 15 cm.
EMERSIÓN ()	1. < 2 cm.	2. < 5 cm.	3. > 5 cm.	4. > 10 cm.
HUNDIMIENTO DIFERENCIAL ()	1. < 0.2%	2. < 0.4%	3. > 0.4%	4. > 0.8%

III. DATOS ESTRUCTURALES

1. MATERIAL EMPLEADO EN LA EDIFICACIÓN

ELEMENTOS DE SOPORTE ()

- 1 CONCRETO REFORZADO
- 2 ACERO
- 3 MAMPOSTERÍA CONFINADA _____
- 4 MAMPOSTERÍA NO CONFINADA _____
- 5 OTRO _____

SISTEMA DE PISO ()

- 1 CONCRETO REFORZADO
- 2 VIGAS DE ACERO Y CONCRETO
- 3 VIGAS DE MADERA Y CONCRETO
- 4 LAMINA GALVANIZADA
- 5 OTRO _____

2. ESTRUCTURACIÓN

ELEMENTOS DE SOPORTE ()

- 1 MARCOS
- 2 MUROS CONFINADOS CON DALAS Y CASTILLOS
- 3 MUROS SIN CONFINAR
- 4 MARCOS CON CONTRAVIENTOS
- 5 OTRO _____

SISTEMA DE PISO ()

- 1 LOSA MACIZA
- 2 LOSA RETICULAR
- 3 VIGUETA Y BOVEDILLA
- 4 OTRO _____

3. TIPO DE CIMENTACIÓN ()

- 1 ZAPATAS CORRIDAS
- 2 ZAPATAS AISLADAS
- 3 CIMENTACIÓN DE PIEDRA
- 4 LOSA DE CIMENTACIÓN
- 5 OTRO _____

4. OBSERVACIONES _____

CENSO DE EDIFICACIONES EN LAS ZONAS DE RIESGO POR HUNDIMIENTO UBICADAS EN LA CIUDAD DE PACHUCA

IV. CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

1. DAÑOS ()

- 1 NINGUNO
- 2 NO ESTRUCTURAL
- 3 ESTRUCTURAL

2. REMODELACIONES ()

- 1 SI
- 2 NO
- 3 NO SABE

FECHA DE REMODELACION _____

3. GRADO DE DAÑO

MUROS SIN CONFINAR () COLUMNAS () SISTEMA DE PISO ()

MUROS CONFINADOS ()

- 1 GRADO I
- 2 GRADO II
- 3 GRADO III
- 4 GRADO IV
- 5 GRADO V

4. SEGURIDAD EN CASO DE EMERGENCIA POR DESLIZAMIENTOS O HUNDIMIENTOS

INTERIOR ()

EXTERIOR ()

- 1 VIDRIOS
- 2 MUEBLES PESADOS
- 3 MUROS DIVISORIOS
- 4 ESCALERAS
- 5 NO

- 1 CABLES DE ENERGÍA ELÉCTRICA
- 2 INSTALACIONES DE GAS
- 3 ZONAS DE SEGURIDAD
- 4 ACABADOS FRÁGILES
- 5 NO

5. MANTENIMIENTO

ELEMENTOS DE SOPORTE ()

SISTEMA DE PISO ()

- 1 BUENO
- 2 REGULAR
- 3 MALO

- 1 BUENO
- 2 REGULAR
- 3 MALO

OBSERVACIONES: _____

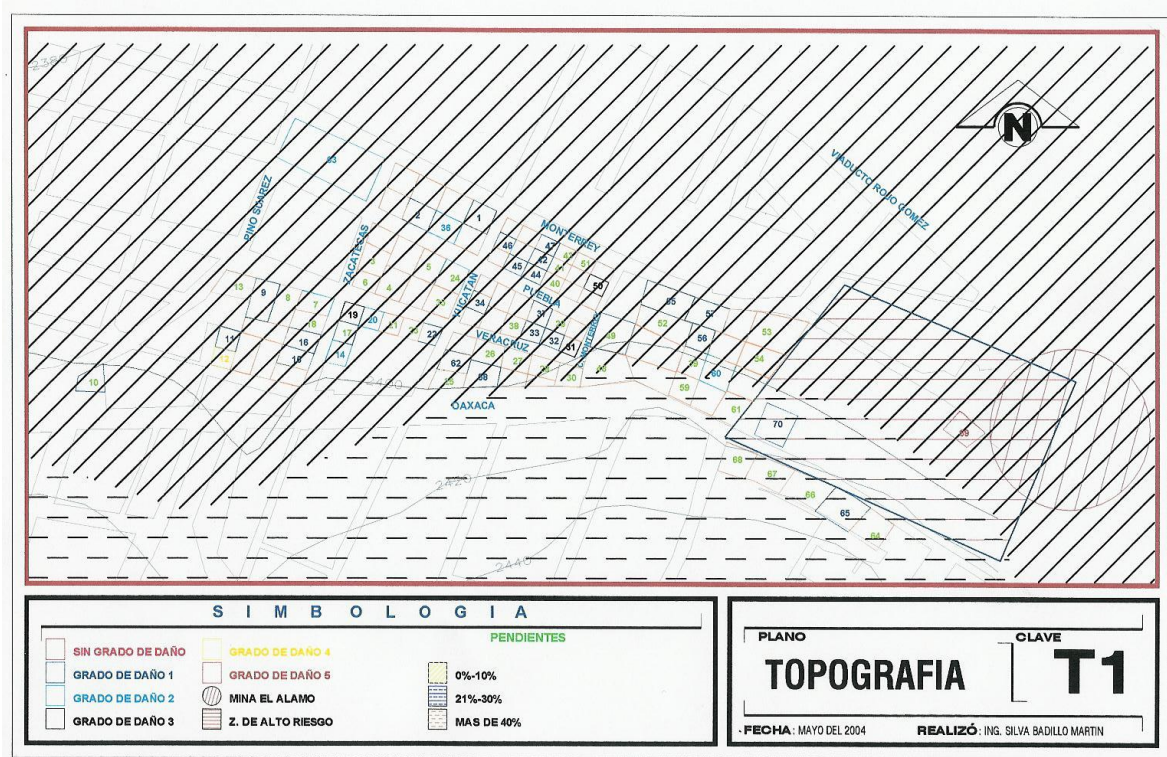
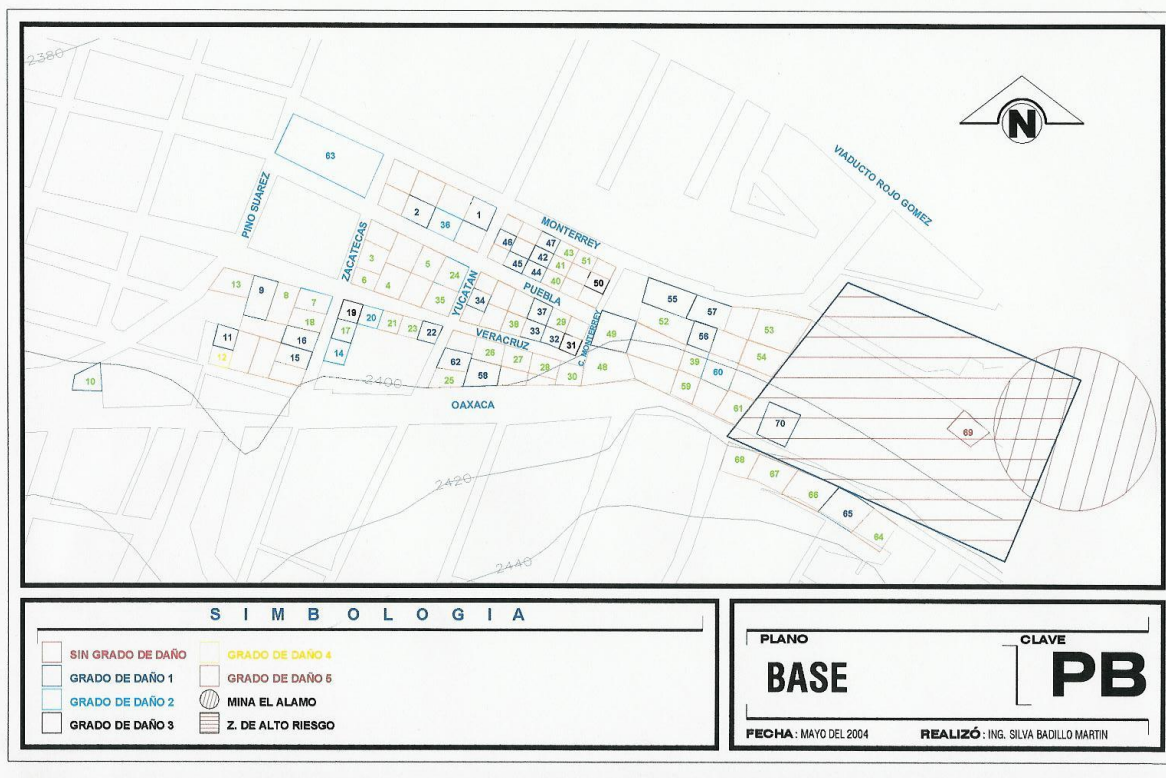
V RECOMENDACIONES

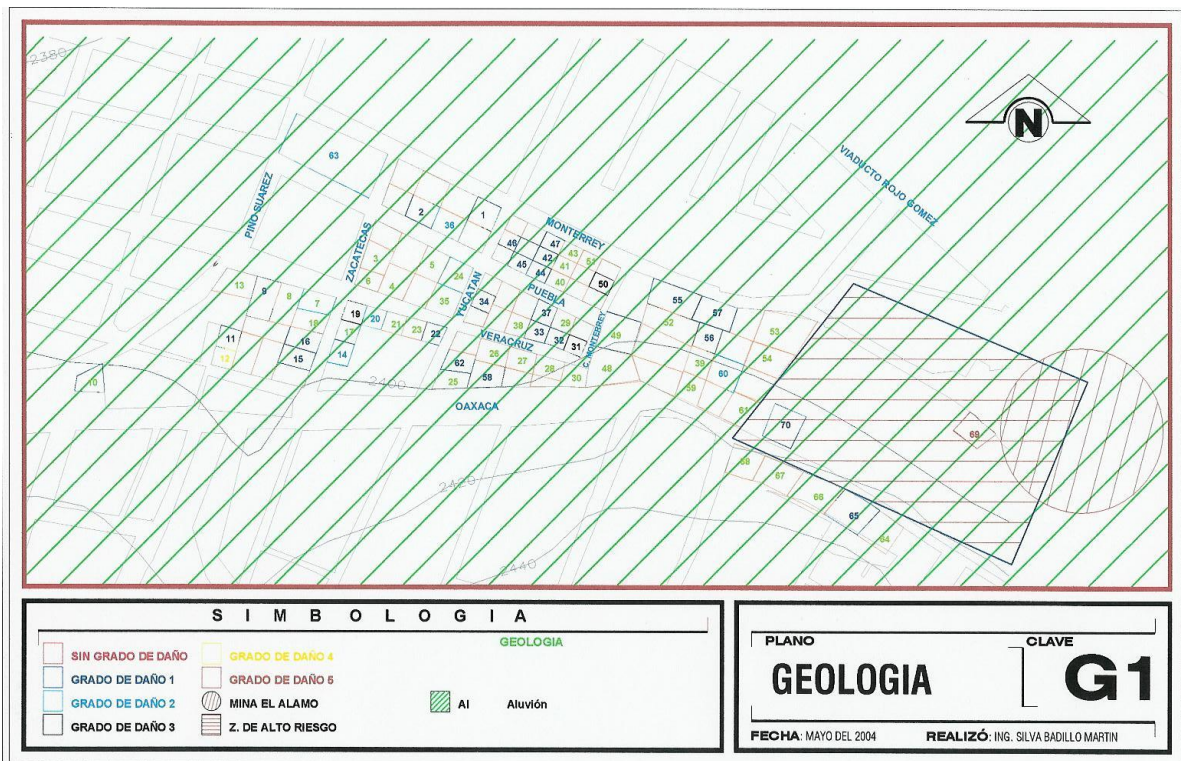
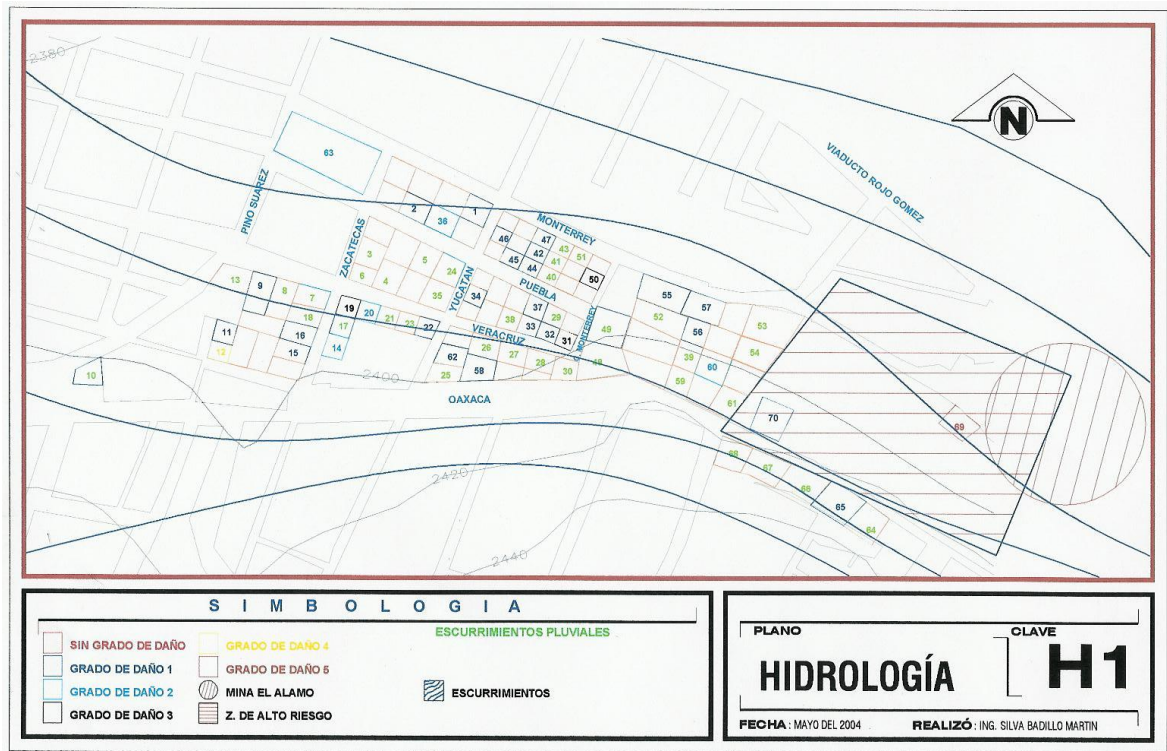
CENSO DE EDIFICACIONES EN LAS ZONAS DE RIESGO POR HUNDIMIENTO UBICADAS EN LA CIUDAD DE PACHUCA

V INFORMACIÓN ADICIONAL

INDICAR GRIETAS EN LOS MUROS PARA LAS DISTINTAS FACHADAS
FOTOS DEL INMUEBLE

ANEXO 2





ANEXO 3

RELACIÓN DE DATOS OBTENIDOS EN EL CENSO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

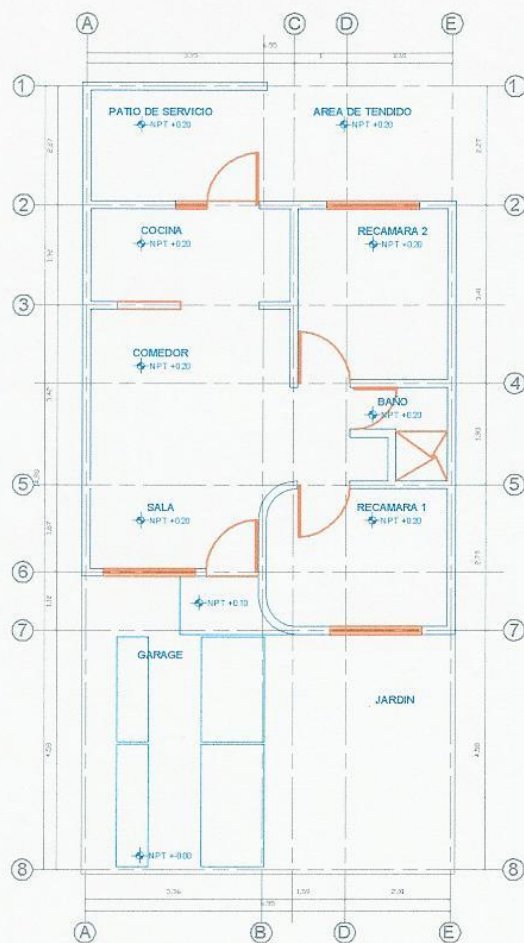
CARACTERÍSTICA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
DISEÑO DE LA VIVIENDA	A	A	A	A	A	A	1	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	1	A	A	A	A	A
SE UBICA EN ZONA DE ALTO RIESGO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
PRESENTO DAÑOS POR HUNDIMIENTO	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	
SE HAN REPARADO	-	-	1	-	1	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	
AÑO DEL HUNDIMIENTO	-	-	3	-	3	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1997	-	-	3	-		
HA ESCUCHADO RUIDOS SUBTERRANEOS	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	
CON QUE FRECUENCIA																																				
TUVO CONOCIMIENTO DE LOS HUNDIMIENTOS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
LE HAN INFORMADO DE LA ZONA DE ALTO RIESGO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
EFFECTOS EN LA CIMENTACIÓN	1		1		1	1			1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	3			1										1	1	1	1
1. MATERIAL EMPLEADO EN LA CIMENTACIÓN																																				
elementos de soporte	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	4	3	4	3	3	3	3	4	4	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
sistema de piso	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	3	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2. ESTRUCTURACIÓN																																				
elementos de soporte	2	2	3	2	2	2	2	2	2	3	3	2	3	2	3	2	2	2	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
sistema de piso	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
tipo de cimentación	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO																																				
DAÑOS	1	3	1	1	2	3	1	3	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	3	1	1	1	1	2	1	3	3	1	1	2	1
REMODELACIONES	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
EXISTE GRADO DE DAÑO	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2
GRADO DE DAÑO	1	1	-	-	1	2	-	1	1	1	1	4	-	2	1	1	1	-	3	2	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	3M,2P	1	1	1	-
SEGURIDAD EN CASO DE EMERGENCIA INTERIOR	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
SEGURIDAD EN CASO DE EMERGENCIA EXTERIOR	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
MANTENIMIENTO																																				
ELEMENTOS DE SOPORTE	1	1	3	1	2	2	1	1	2	2	3	3	2	2	3	2	2	1	1	1	2	3	2	1	1	2	1	2	1	3	3	2	2	2	1	
SISTEMA DE PISO	1	1	2	2	2	2	1	2	2	3	2	3	2	2	3	2	2	1	1	1	2	3	2	1	1	2	1	2	1	3	2	2	2	3	1	

2

RELACIÓN DE DATOS OBTENIDOS EN EL CE

CARACTERÍSTICA	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
DISEÑO DE LA VIVIENDA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N
SE UBICA EN ZONA DE ALTO RIESGO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
PRESENTO DAÑOS POR HUNDIMIENTO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
SE HAN REPARADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
AÑO DEL HUNDIMIENTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1997 1997	
HAN ESCUCHADO RUIDOS SUBTERRANEOS	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
CON QUE FRECUENCIA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-
TUVO CONOCIMIENTO DE LOS HUNDIMIENTOS	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-
LE HAN INFORMADO DE LA ZONA DE ALTO RIESGO	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
EFFECTOS EN LA CIMENTACIÓN	1									2	1										1	1					1								
1. MATERIAL EMPLEADO EN LA CIMENTACIÓN																																			
elementos de soporte	3	3	4	3	3	4	4	4	3	5	3	3	4	4	3	3	3	3	4	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
sistema de piso	1	4	1	5	1	1	5	5	1,4	1	5	1	4	5	1	5	1	5	1	4	1	5	1	1	1	1	4	1	4	5	1	1	4	1	1
2. ESTRUCTURACIÓN																																			
elementos de soporte	2	2	3	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
sistema de piso	1	4	1	4	1	1	4	1	1	4	1	4	1	4	1	4	1	1	1	5	1	1	1	1	1	4	1	4	1	4	1	1	4	1	1
tipo de cimentación	3	3	5	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO																																			
DAÑOS	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	3	1	2	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	3	1	1	1	1	3	1
REMODELACIONES	2	3	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	1	2	1	2	3	2	2	1	3	2
EXISTE GRADO DE DAÑO	1	1	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2	3	2	2	2	1	3
GRADO DE DAÑO	2	1	-	-	-	1	-	1	1	1	1	1	-	1	3	-	-	1	-	1	1	1	1	1	1	2	-	1	2M,2P	-	1	-	-	5M,5P	
SEGURIDAD EN CASO DE EMERGENCIA INTERIOR	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
SEGURIDAD EN CASO DE EMERGENCIA EXTERIOR	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
MANTENIMIENTO																																			
ELEMENTOS DE SOPORTE	2	2	3	1	2	3	2	2	2	2	2	1	1	3	3	1	3	1	3	1	2	2	2	2	2	2	1	3	3	2	3	2	3	2	2
SISTEMA DE PISO	2	2	2	3	1	3	3	2	2	2	2	1	1	3	3	1	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	2	3	2	2

ANEXO 4



PLANTA ARQUITECTONICA

notas generales:

- 1.- LAS COTAS ESTAN DADAS EN METROS.
- 2.- LAS MEDIDAS SE VERIFICARAN EN OBRA.
- 3.- LOS NIVELES ESTAN DADOS EN METROS.
- 4.- LOS PLANOS AUTORIZADOS POR LA OFICINA DE LICENCIAS DEBERAN PERMANECER EN LA OBRA Y TODOS LOS CAMBIOS DEBERAN SER AUTORIZADOS POR EL D.R.O. Y ASENTADOS EN LA BITACORA.

PROYECTO

CASA HABITACION PEGASO 54

PLANO

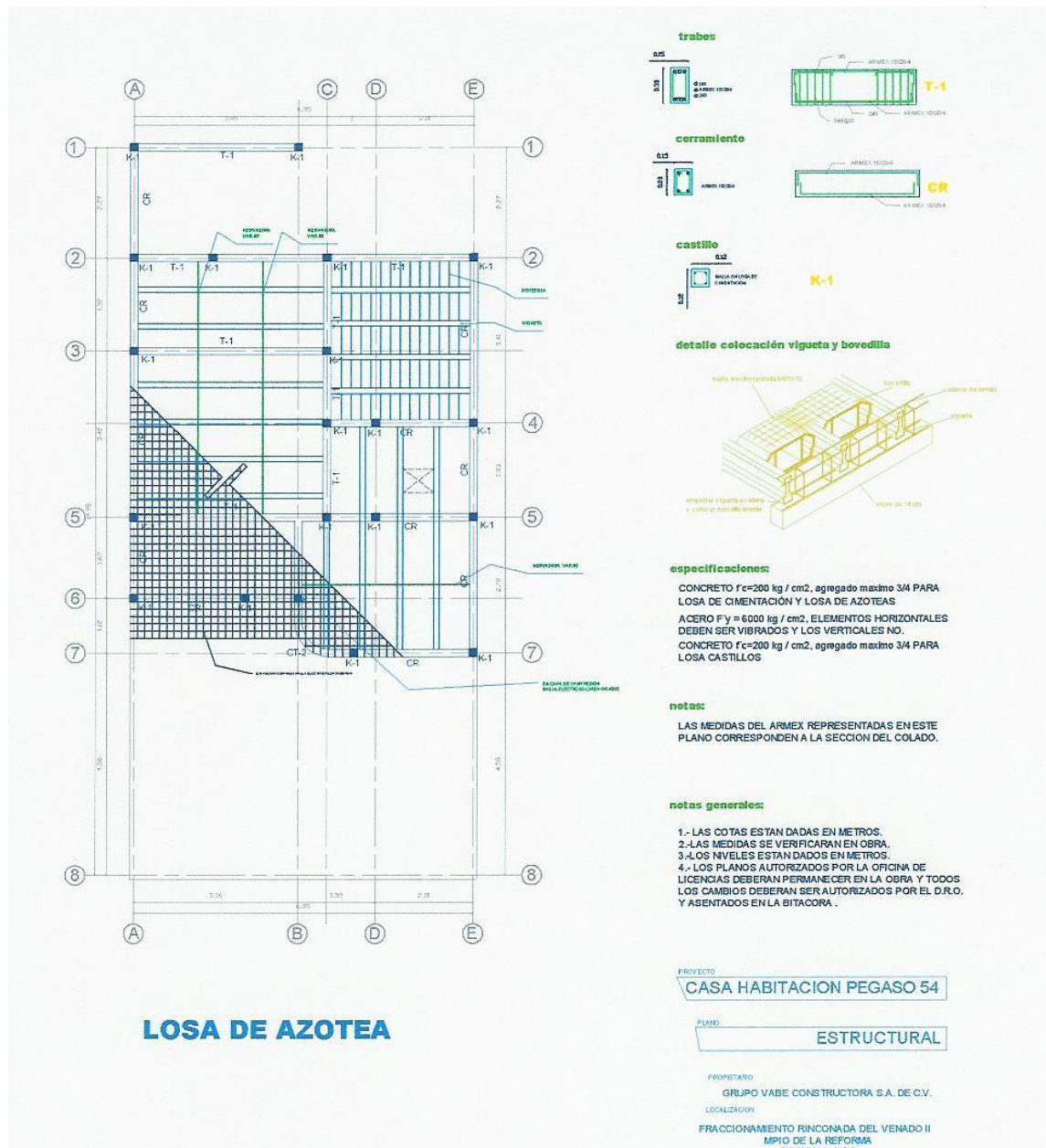
ARQUITECTONICO

PROPIETARIO

GRUPO VABE CONSTRUCTORA S.A. DE C.V.

LOCALIZACION

FRACCIONAMIENTO RINCONADA DEL VENADO II
MPIO. DE LA REFORMA
PACHUCA, HGO



ANEXO 5

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

0 SÉPTIMO No. 102
INSTITUCIÓN
HGO.
717184988; FAX (01771)7136474

LABORATORIO:
CARR. PACHUCA-CD. SANTIAGÓN km 16.
RANCHO DAZHÁ
MUNICIPIO DE ZEMPOLA, HGO.
RFC: CIA-970403-PDA



**Consultores en
Ingeniería Aplicada S.C.**

INFORME DE ENSAYES DE CORAZONES DE CONCRETO ENDURECIDO

Cap. Jaime S. Murillo Arredondo	INFORME No.: HIV-HAB-COR-01
Constructora HIVACO en Pachuca, Hgo.	ANEXO No.: 1 DE 2
estructural de las viviendas que presentan problemas de agrietamientos (casos 174 y 170)	FECHA DE COLADO:
c. Rinconada del Venado II en el Mpio. de Mineral de la Reforma, Hgo.	FECHA DE INFORME: 16-Ago-03

DE LOS ESPÉCIMENES

ESPÉCIMEN:	C-1	C-2
ORIGEN DEL ESPÉCIMEN:	CASTILLO EN EJE 6-B DE CASA 176	LOSA DE CIMENTACIÓN CASA 176 (SALA)
FECHA DE EXTRACCIÓN:	9-Ago-03	9-Ago-03
FORMA DE LA PERFORACIÓN:	HORIZONTAL	VERTICAL
FECHA DE ENSAYE:	16-Ago-03	16-Ago-03
No.	1	2

EL CONCRETO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROYECTO (kg/cm ²):	200 kg/cm ²
FECHA DE COLADO:	
EDAD:	
CONCRETO:	NORMAL
MÁXIMO DEL AGREGADO:	19 mm
ADICIÓN:	NINGÚNO
CONDICIONES DE CURADO:	
PARA CABECEO DE ESPÉCIMENES:	MORTERO DE AZUFRE DE ALTA RESISTENCIA

RESULTADOS DE ENSAYES

ESPÉCIMEN	C-1	C-2
DIÁMETRO (cm)	9.36	9.5
ANCHO DEL CABECEO (cm)	69	71
ANCHO DESPUÉS DEL CABECEO (cm)	10.25	10.3
ALTURA-DIÁMETRO	10.95	11
FECHA DE CORRECCIÓN	1.10	1.08
RESISTENCIA A LA RUPTURA (kg)	21000	20000
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)		
RESISTENCIA DE PROYECTO	153	141

CONDICIÓN DE LA ESPECIFICACIÓN DE LA(S) PRUEBA(S):

ADICIÓN O EXCLUSIÓN DE LA ESPECIFICACIÓN DE LA(S) PRUEBA(S):

SI NO

NOTAS:

REVISÓ:

LUIS ROSA GÓMEZ
JEFE OPERATIVO

APROBÓ:

ING. ANTONIO DOMÍNGO HERRERA RIVERA
JEFE DE LABORATORIO

ESTE INFORME DE PRUEBAS SOLO AMPARA A LOS ESPÉCIMENES ARRIBA INDICADOS.

ESTE INFORME NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE NI TOTALMENTE SIN LA APROBACIÓN POR ESCRITO DE
CONSULTORES EN INGENIERÍA APLICADA S.C.

FOR-C-03

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

OFICINA:
ARTÍCULO SÉPTIMO No. 102
FRACC. CONSTITUCIÓN
PACHUCA, HGO.
TEL. (01771)7184988; FAX (01771)7136-174

LABORATORIO:
CARR. PACHUCA-CD. SAHAGÚN km 16.
RANCHO DAZHÁ
MUNICIPIO DE ZEMITÓALA, HGO.
RFC: CIA-970403-PDA



**Consultores en
Ingeniería Aplicada S.C.**

INFORME DE ENSAYES DE CORAZONES DE CONCRETO ENDURECIDO

CLIENTE:	Cap. Jaime S. Murillo Arredondo	INFORME No.:	HIV-HAB-COR-02
DOMICILIO:	Constructora HIVACO en Pachuca, Hgo.	ANEXO No.:	2 DE 2
OBRA/Revisión estructural de las viviendas que poseen problemas de agrietamientos (casas 174 y 176)		FECHA DE COLADO:	
LOC: Fracc. Rinconada del Venado II en el Mpio. de Mineral de la Reforma, Hgo.		FECHA DE INFORME:	16-Ago-03

DATOS DE LOS ESPÉCIMENES

No. DE ESPÉCIMEN:	C-3	C-4	
PROCEDENCIA DEL ESPÉCIMEN:	LOSA DE CIMENTACIÓN CASA 174 (COCINA)	LOSA DE CIMENTACIÓN CASA 174 (COCINA)	
FECHA DE EXTRACCIÓN:	9-Ago-03	9-Ago-03	
DIRECCIÓN DE LA PERFORACIÓN:	VERTICAL	VERTICAL	
FECHA DE ENSAYE:	16-Ago-03	16-Ago-03	
ENSAYE No.	3	4	

DATOS DEL CONCRETO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROYECTO (kg/cm ²):	200 kg/cm ²
FECHA DE COLADO:	
DÍAS DE EDAD:	
TIPO DE CONCRETO:	NORMAL
TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO:	19 mm
ADITIVO USADO:	NINGÚNO
CONDICIONES DE CURADO:	
MATERIAL PARA CABECEO DE ESPÉCIMENES:	MORTERO DE AZUFRE DE ALTA RESISTENCIA

RESULTADOS DE ENSAYES

No. DE ESPÉCIMEN	C-3	C-4	
DIÁMETRO (cm)	9.38	9.25	
ÁREA (cm ²)	69	67	
ALTURA ANTES DEL CABECEO (cm)	9.4	9.5	
ALTURA DESPUÉS DEL CABECEO (cm)	10.2	10.35	
RELACIÓN ALTURA-DIÁMETRO	1.00	1.03	
FACTOR DE CORRECCIÓN			
CARGA DE RUPTURA (kg)	21200	21400	
RESIST. A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)			
% DE LA RESISTENCIA DE PROYECTO	153	159	

IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIFICACIÓN DE LA(S) PRUEBA(S):

DESVIACIÓN, ADICIÓN O EXCLUSIÓN DE LA ESPECIFICACIÓN DE LA(S) PRUEBA(S): SI NO

EXPLICAR:

OBSERVACIONES:

REVISÓ:

JOSE LUIS ROCHA-GÓMEZ
JEFE OPERATIVO

APROBÓ:

ING. ANTONIO DIONICIO HERRERA RIVERA
JEFE DE LABORATORIO

NOTAS: ESTE INFORME DE PRUEBAS SOLO AMPARA A LOS ESPÉCIMENES ARRIBA INDICADOS.
ESTE INFORME NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE NI TOTALMENTE SIN LA APROBACIÓN POR ESCRITO DE
CONSULTORES EN INGENIERÍA APLICADA S.C.

FOR-C-03
VERSIÓN: 01

INGENIERÍA APLICADA S.C.
MUNICIPIO DE TEMPOALÁ, HGO.
RFC: CIA-970403-PDA

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE REBÓTE (LECTURAS ESCLEROMÉTRICAS)

INFORME No.: HNV-HAS-REB-01
HOJA No.: 4
FECHA DE PRUEBA: 08-Ago-03
FECHA DE INFORME: 21-Ago-03

El: Cac. Jaime S. Murillo Alredondo
JO: Constructora HIVACO
ZACIÓN: Revisión estructural de las viviendas que presentan problemas de asentamientos (casas 174 y 176)
Fraccionamiento Rinconada del Venado II en el Mpio. de Mineral de la Reforma, Hgo.

ELEMENTO:	No.	LECTURAS										PROMEDIO	PROMEDIO	LECTURAS QUE	LOCALIZACIÓN
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
CASA 176	LECTURA	34.0	33.0	34.0	34.0	34.0	33.0	35.0	36.0	36.0	36.0				En la puerta de acceso
	PROMEDIO 1	0.5	1.5	0.5	0.5	0.5	1.5	0.5	1.5	1.5	1.5				
	LECTURA 2														
	PROMEDIO 2														
CASA 178	LECTURA	34.0	33.0	32.0	30.0	38.0	36.0	33.0	36.0	36.0	36.0				En la cocina
	PROMEDIO 1	0.7	1.7	2.7	4.7	3.3	4.3	1.7	1.3	1.3	1.3				
	LECTURA 2														
	PROMEDIO 2														
LOTE 3 M-II	LECTURA	38.0	36.0	34.0	36.0	38.0	35.0	34.0	36.0	36.0	36.0				En la recámara
	PROMEDIO 1	2.3	0.3	1.7	0.3	0.3	0.7	1.7	0.3	0.3	0.3				
	LECTURA 2														
	PROMEDIO 2														
CASA 175	LECTURA	48.0	38.0	36.0	40.0	38.0	40.0	40.0	41.0	38.0	40.0	39.9			En la recámara
	PROMEDIO 1	6.1	1.9	1.9	0.1	1.9	0.1	0.1	1.1	1.9	0.1				
	LECTURA 2														
	PROMEDIO 2														

COMPLEMENTARIOS:

VIETRO No.: 00020681
C/A ESPECIFICADA (kg/cm²):
EDAD DE GARANTÍA DEL CONCRETO: más de 28
TIPO DE SUPERFICIE: Rugosa
TIPO DE CUBRA EMPLEADA:
EDAD DEL CONCRETO:
LECTURA DE CAL EN YUNQUE:

REFERENCIAS: NMX-C-102-1997-CONNCS

APROBO:

ING. ANTONIO D. HERRERA RIVERA
JEFE DE LABORATORIO

REVISOR:
JOSÉ LUIS ROCHA-GÓMEZ
JEFE OPERATIVO

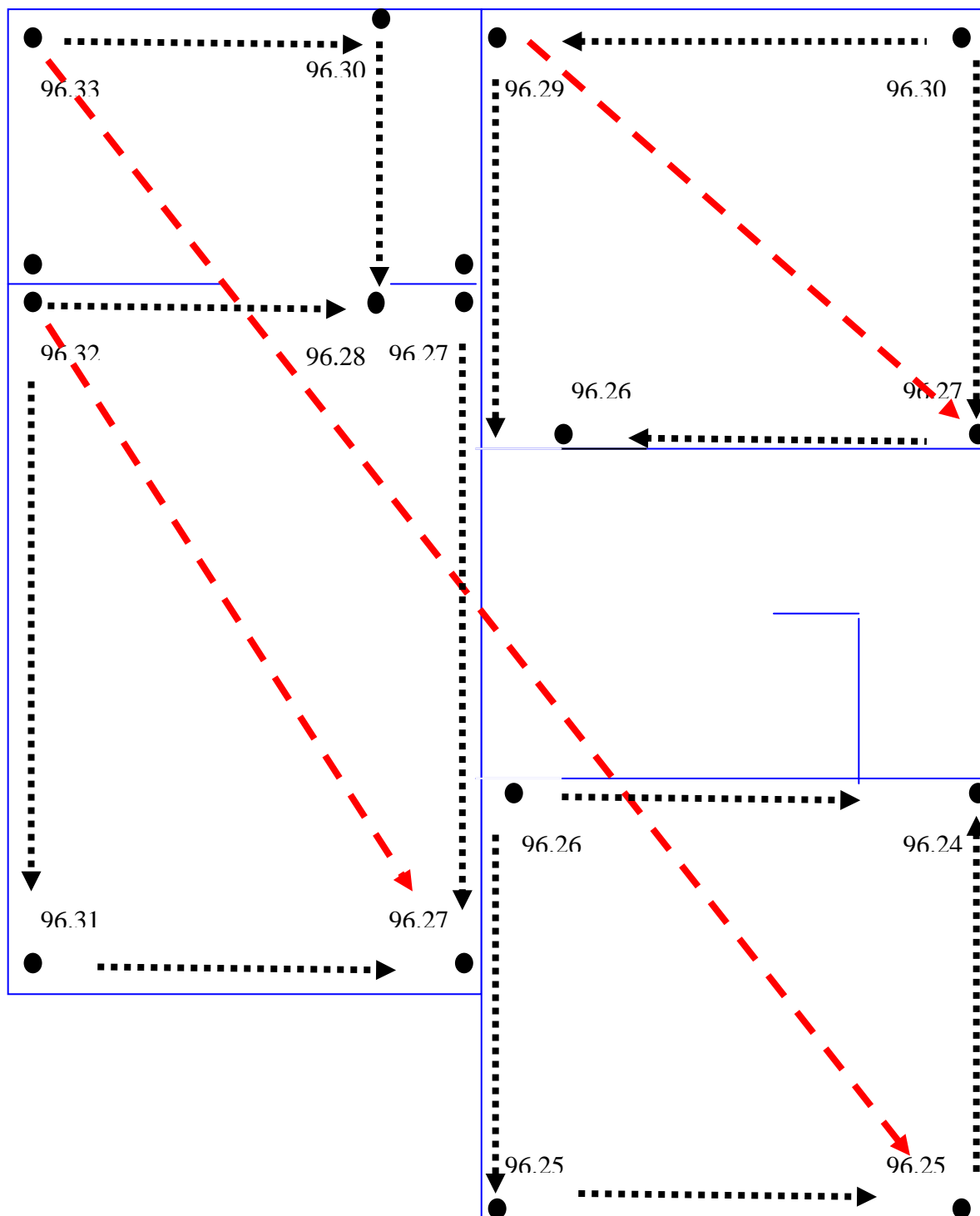
ESTE INFORME DE PRUEBAS SOLO AMPARA A LOS SONDEOS ARRIBA INDICADOS.
ESTE INFORME NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIAL NI TOTALMENTE SIN LA APROBACIÓN POR ESCRITO DE CONSULTORES EN INGENIERÍA APLICADA S.C.

ANEXO 6

EVALUACIÓN TÉCNICA

REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN.
NIVELES DE PISO EN VIVIENDA 176

21 DE AGOSTO DE 2003

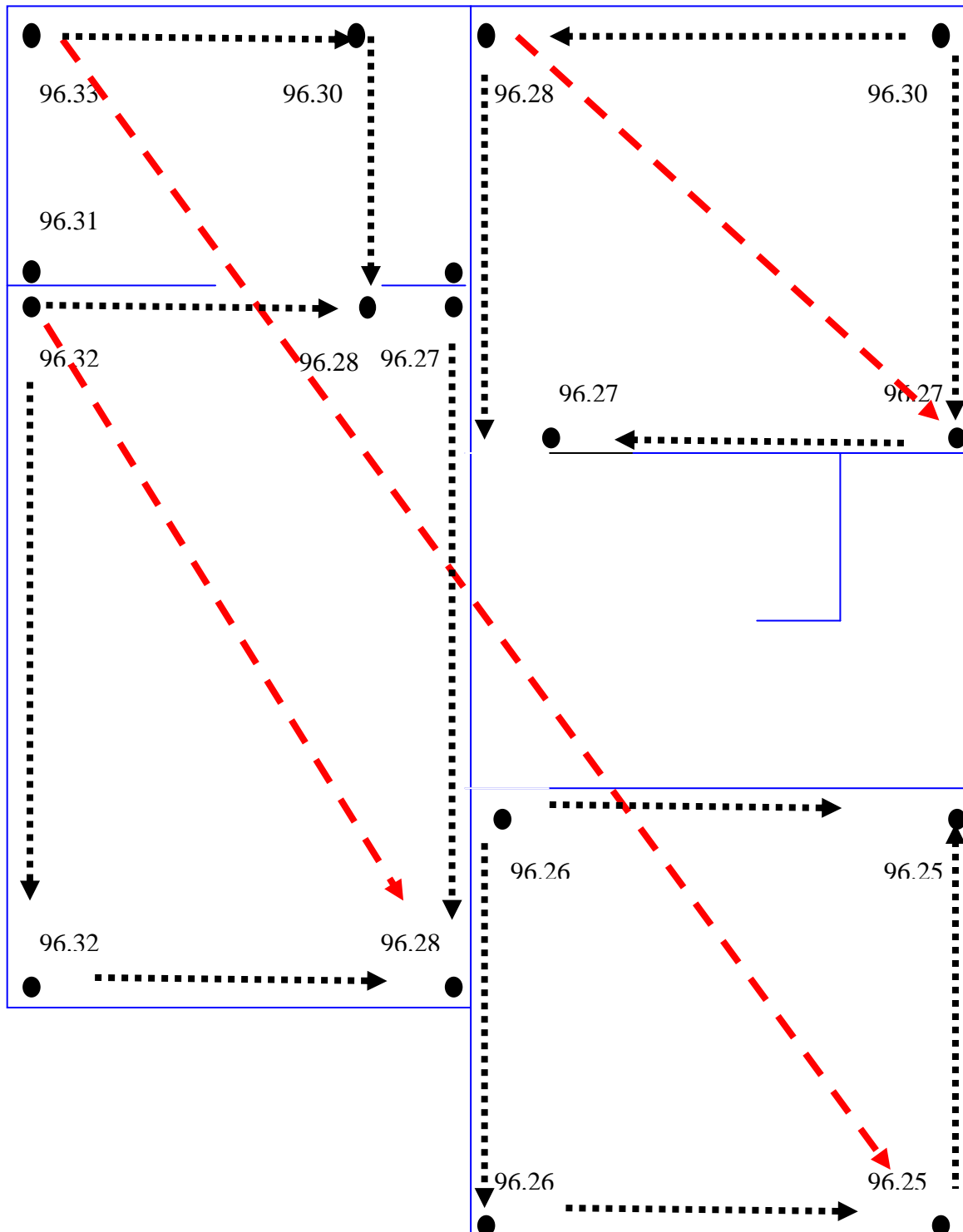


NIVEL PROMEDIO 96.283

EVALUACIÓN TÉCNICA

REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN.
NIVELES DE PISO EN VIVIENDA 176

14 DE AGOSTO DE 2003

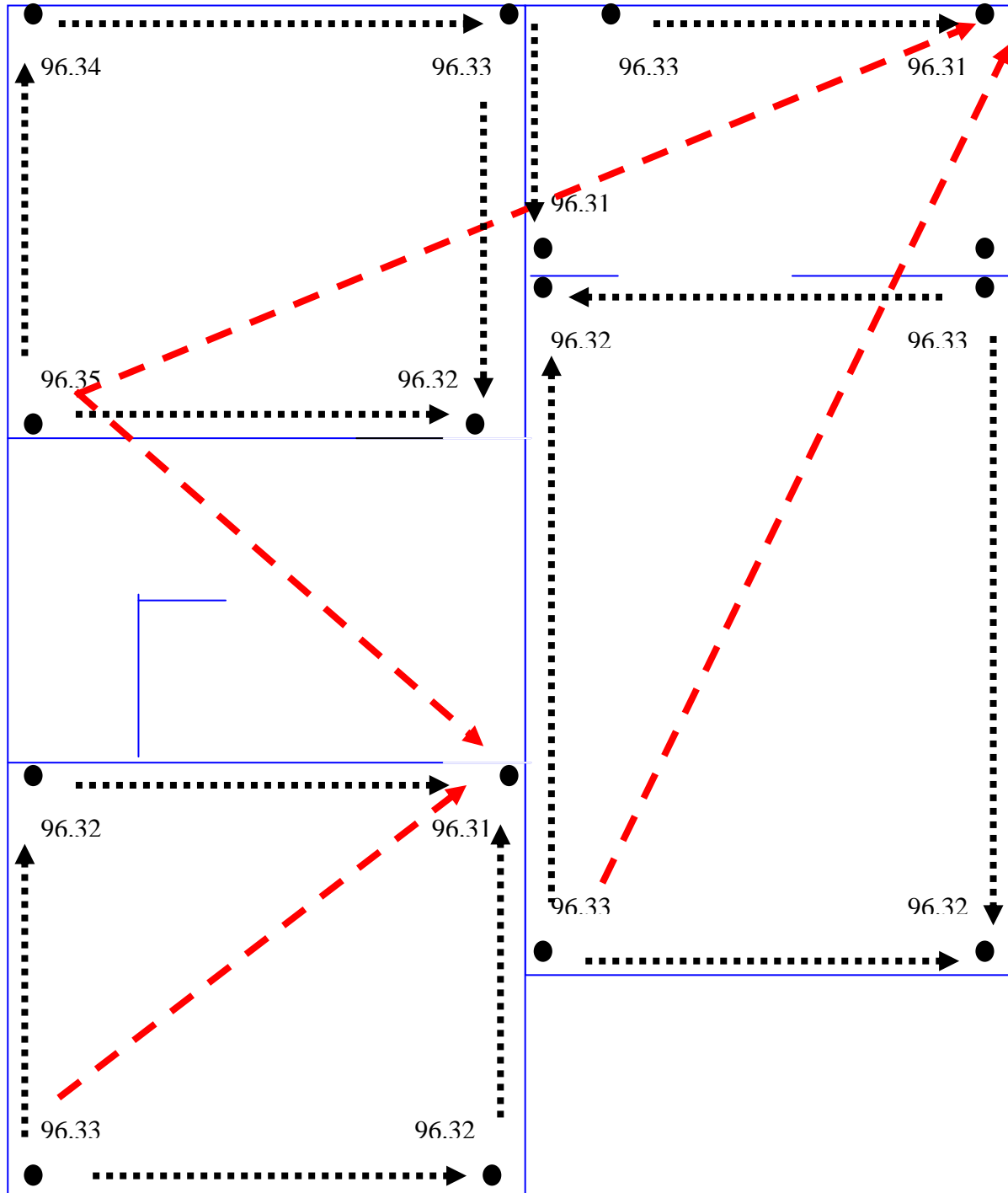


NIVEL PROMEDIO 96.287

EVALUACIÓN TÉCNICA

REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN.
NIVELES DE PISO EN VIVIENDA 178

14 DE AGOSTO DE 2003

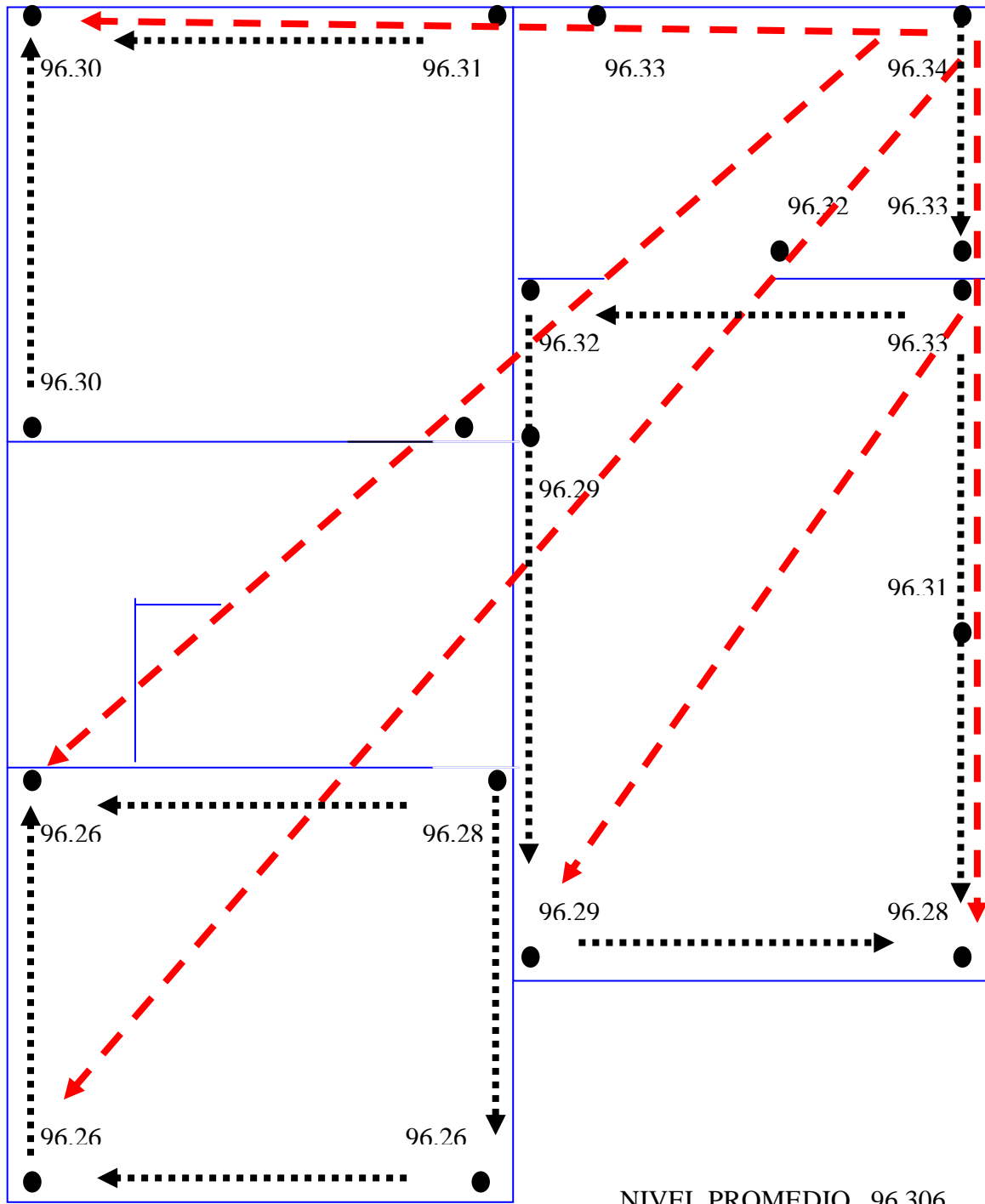


NIVEL PROMEDIO 96.328

EVALUACIÓN TÉCNICA

REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN.
NIVELES DE PISO EN VIVIENDA 174

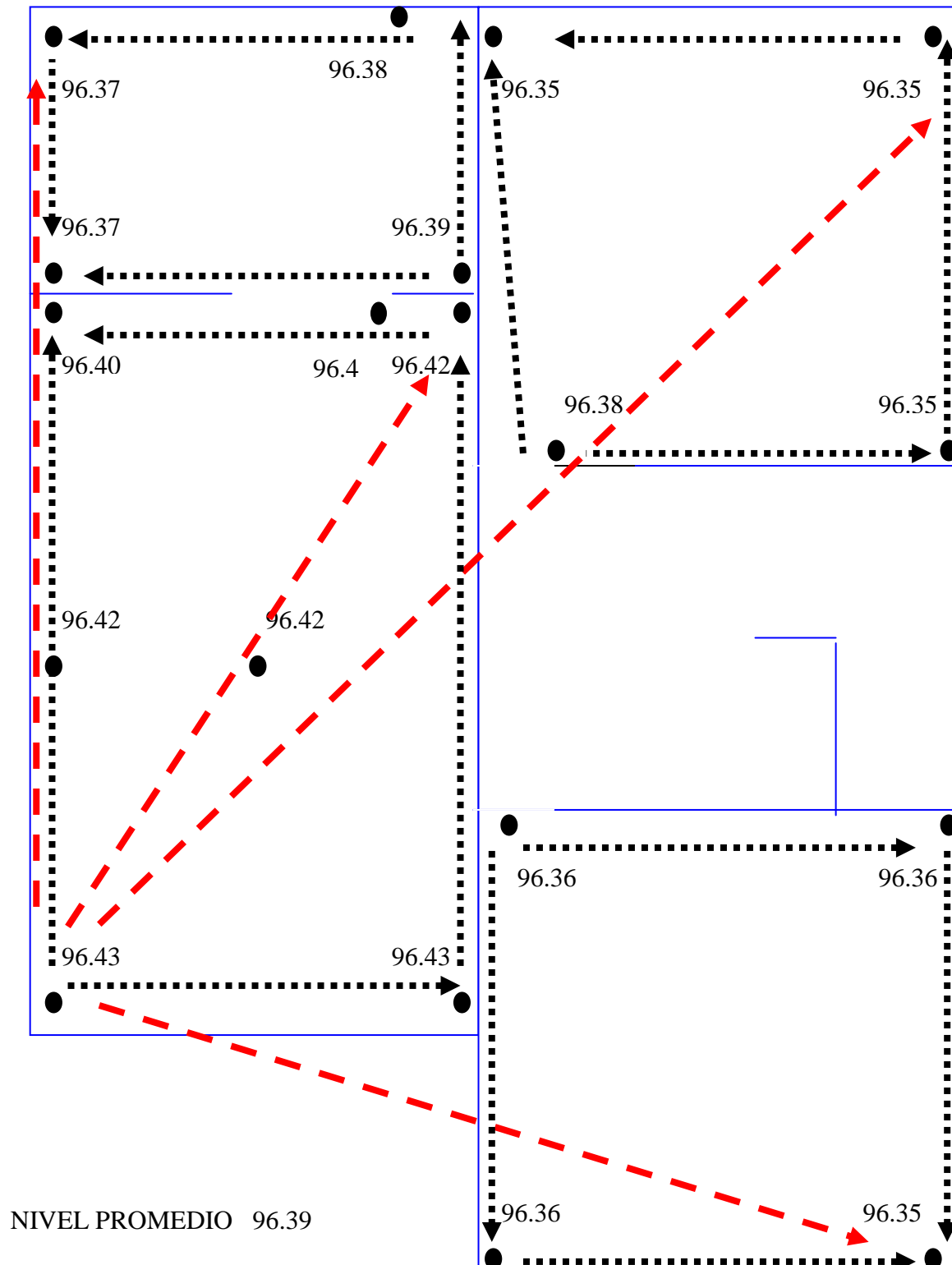
14 DE AGOSTO DE 2003



EVALUACIÓN TÉCNICA

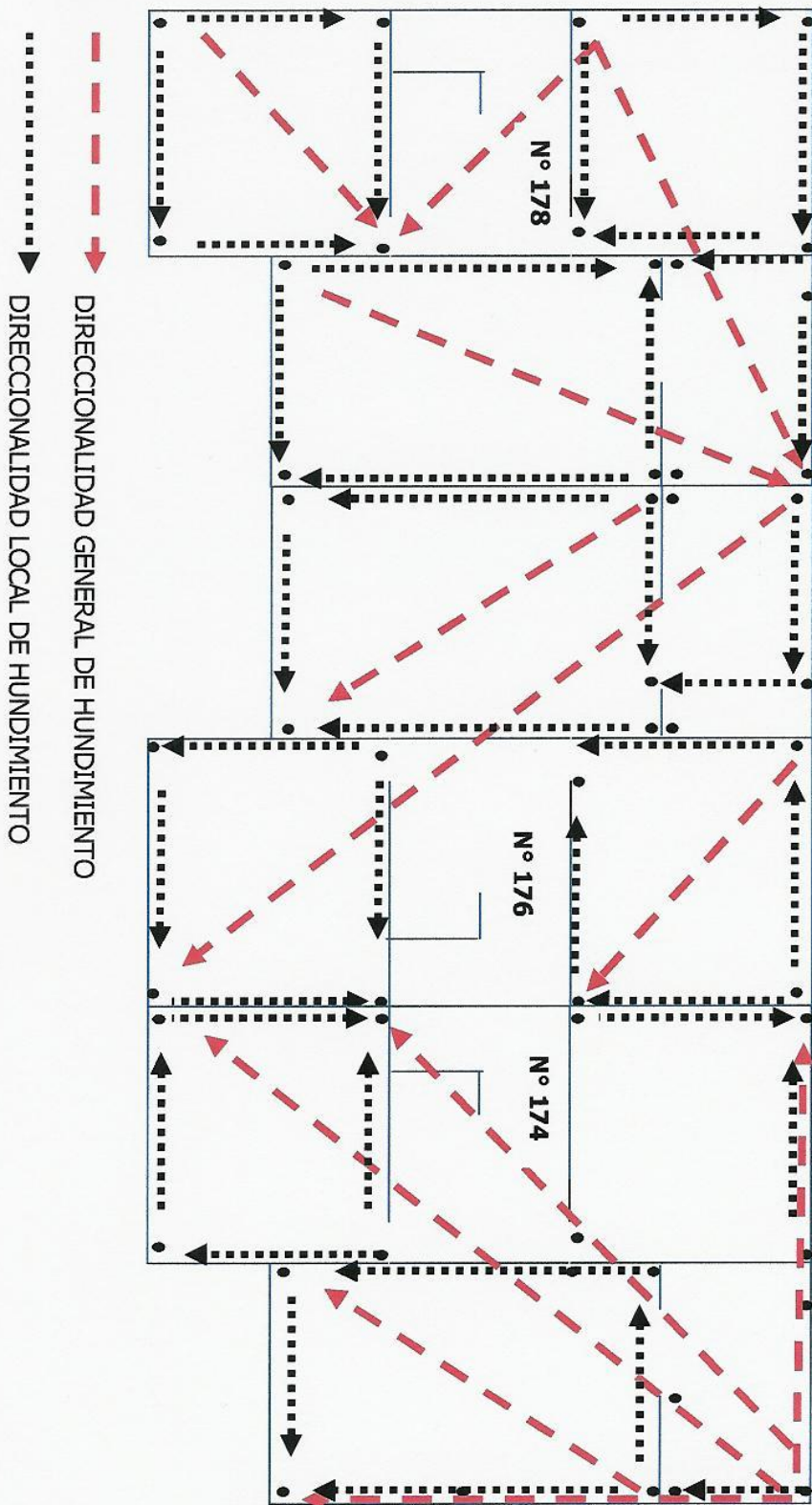
REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN.
NIVELES DE PISO EN VIVIENDA 168

21 DE AGOSTO DE 2003



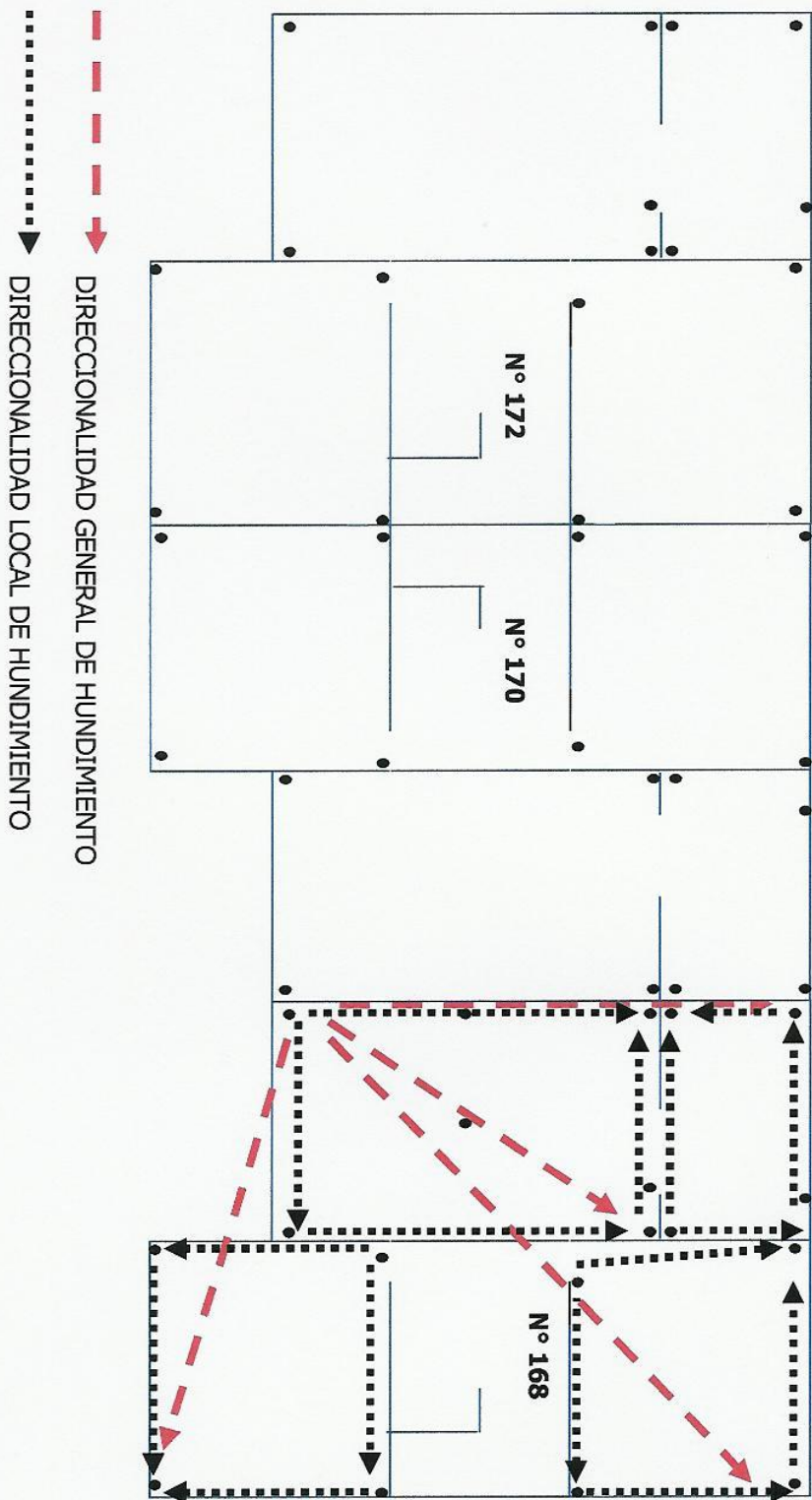
EVALUACIÓN TÉCNICA
REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN.
DIRECCIONALIDAD DE LOS HUNDIMIENTOS

14 DE AGOSTO DE 2003



EVALUACIÓN TÉCNICA
REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN
DIRECCIONALIDAD DE LOS HUNDIMIENTOS

14 DE AGOSTO DE 2003



ANEXO 7

EVALUACIÓN TÉCNICA

REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN.



Foto 4: Vista de la fachada principal de la vivienda 176, en la que señalamos los daños a la vivienda.

EVALUACIÓN TÉCNICA

REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN.



Foto 7: Se observa que el castillo no se coló vertical y que no existe unión entre los elementos (dala y castillo), vista interior de muro en la vivienda 176. además se observa que donde se han hecho reparaciones previas a esta inspección.

EVALUACIÓN TÉCNICA

REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN.



Fotos 8 y 9: se observa la falla en muro de acceso curvo b(5-6) por esfuerzos de corte a lo largo de todas las juntas en forma de escalera, además se midieron juntas de mortero excesivas en la vivienda 176.

EVALUACIÓN TÉCNICA

REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN.



Fotos 10 y 11: Se observa un agrietamiento diagonal en el muro 2(a-b) en la vivienda 176.

EVALUACIÓN TÉCNICA

REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN.



Foto 12: Vista de la fachada en la vivienda 170, en la que señalamos los daños en la vivienda.

EVALUACIÓN TÉCNICA

REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN.



Foto 15: Se observa la falla en muro de acceso curvo B(5-6) por esfuerzos de corte a lo largo de todas las juntas en forma de escalera, en la vivienda 170.

EVALUACIÓN TÉCNICA

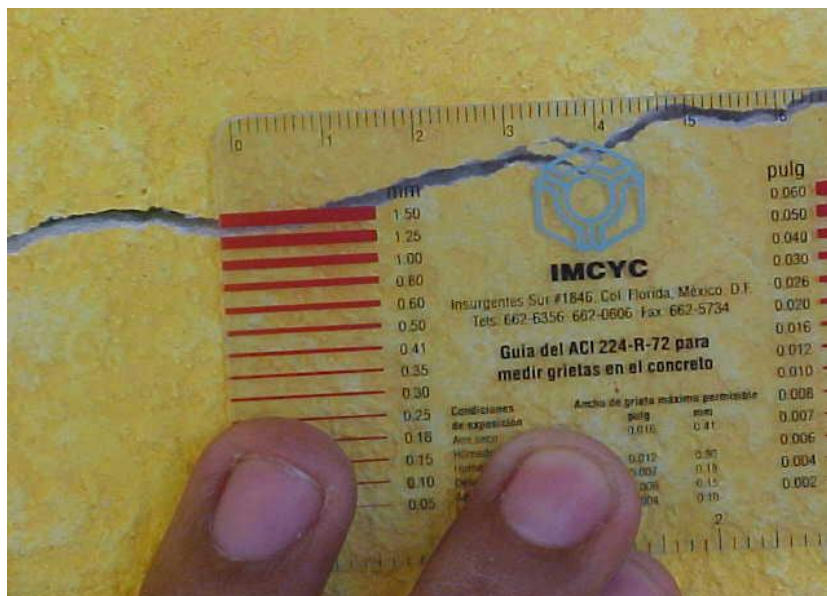
REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN.



Foto 16: En el muro 6(a-b) de la vivienda 176, se observa que no se utilizó un castillo que delimite el hueco de la ventana y debido a los esfuerzos la mampostería se agrietó. además se observa que esta falla ya había sido reparada con mortero con anterioridad a esta inspección.

EVALUACIÓN TÉCNICA

REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN.



Fotos 17 y 18: En el muro E(2-4) se observaron dos agrietamientos horizontales de 1.5 mm en la vivienda 174.

EVALUACIÓN TÉCNICA

REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN.



Fotos 19 y 20: En el muro 2(C-E) de la vivienda 174 se observan las grietas, por la ausencia de castillos y dalas en el perímetro del hueco de la ventana.

EVALUACIÓN TÉCNICA

REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN.



Fotos 29 y 30: se observa el desplome del muro 7(B-E) de 2cm en la vivienda 176.

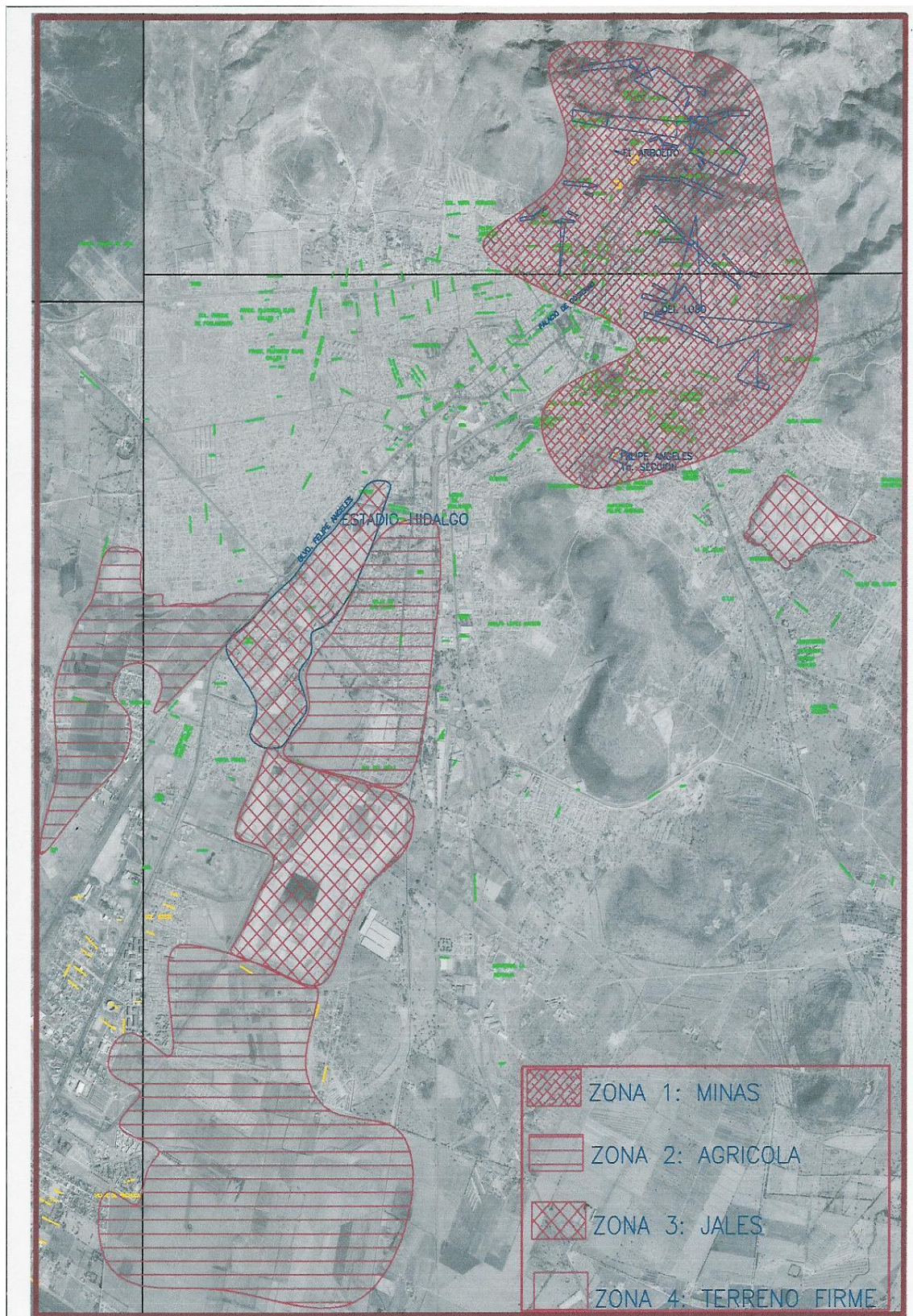
EVALUACIÓN TÉCNICA

REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN.

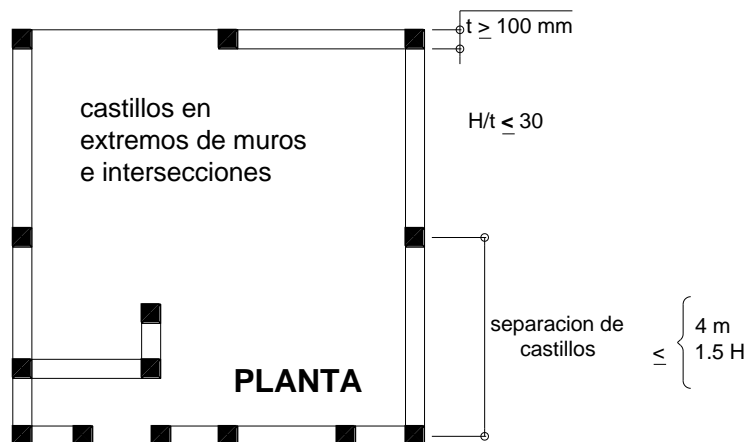
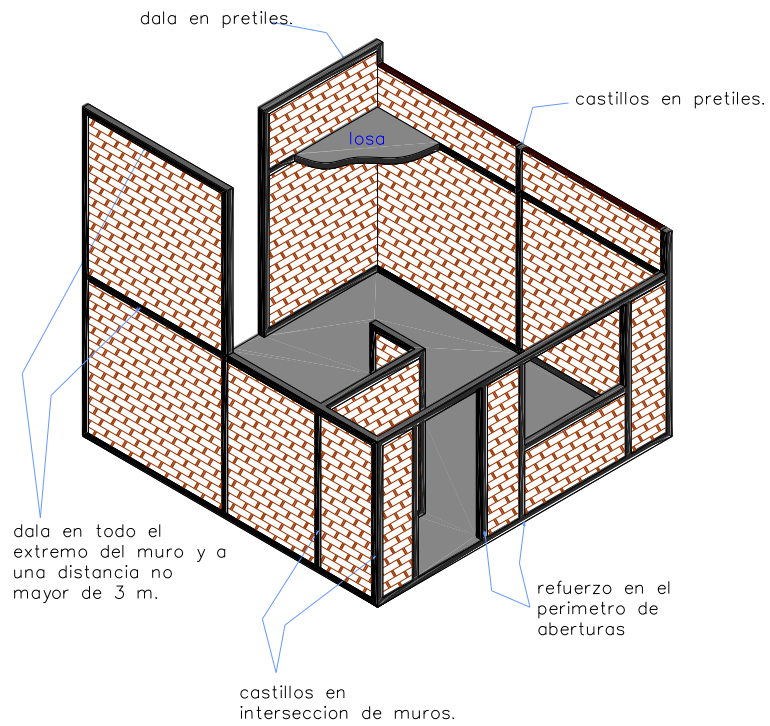


Fotos 31 y 32: Se observa el desplome del muro 5(C-E) de 2cm en la vivienda 176.

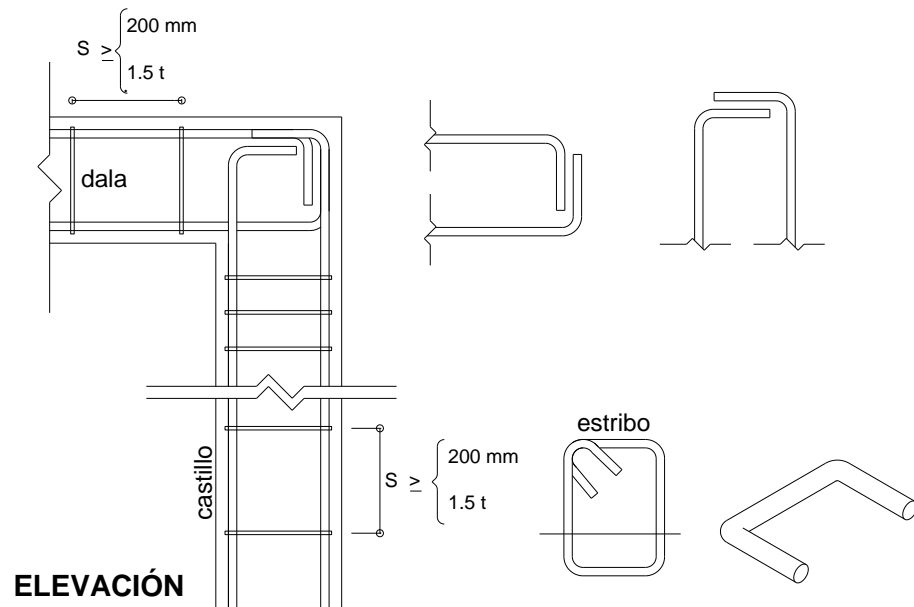
ANEXO 8



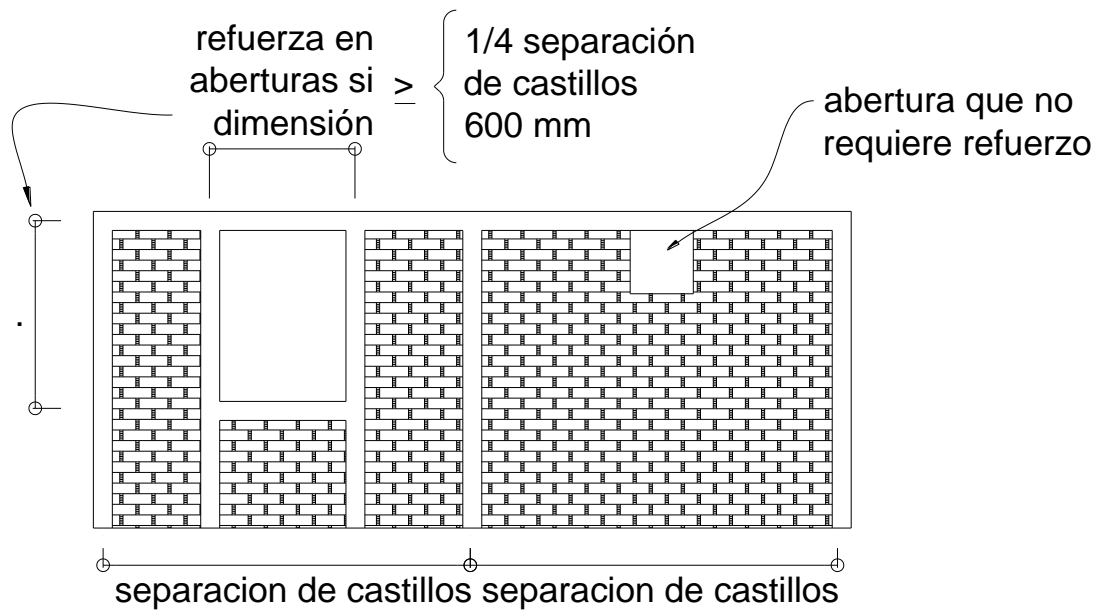
ANEXO 9



Requisitos para mampostería confinada.

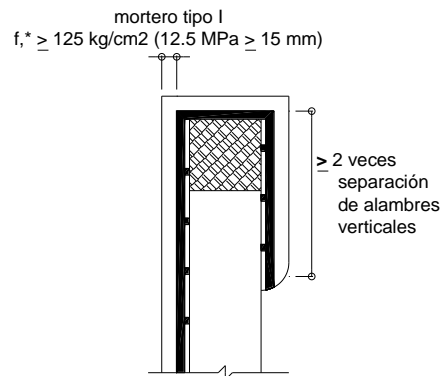
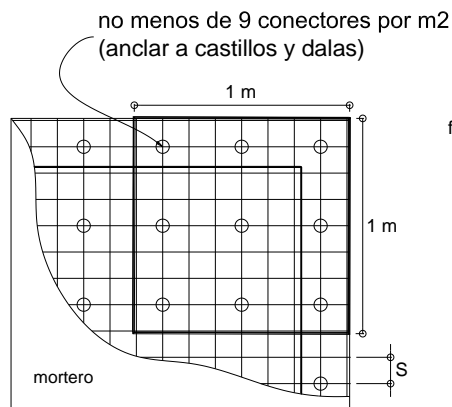
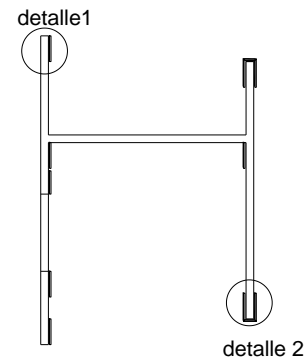
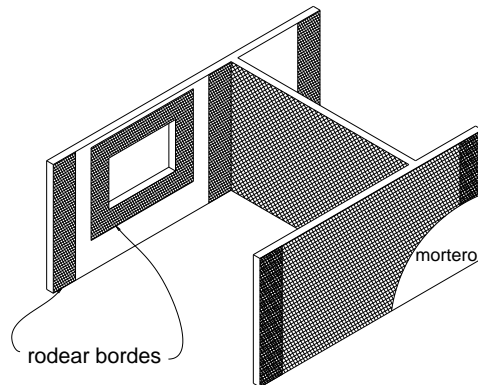


Castillos y dalas

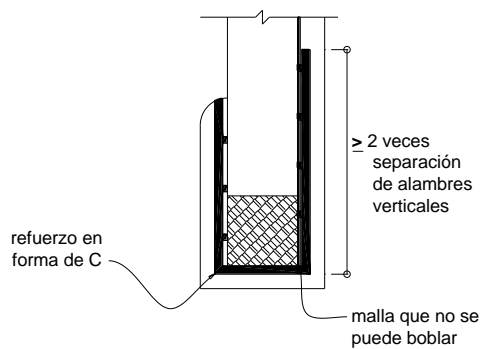


Refuerzo en el perímetro de aberturas

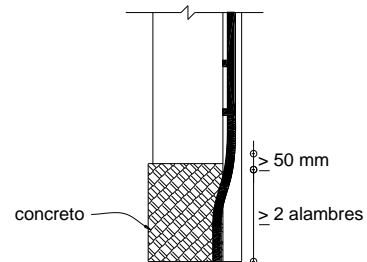
ANEXO 10



DETALLE 1



DETALLE 2



**OPCION: ANCLAR
EN CONCRETO**

Refuerzo con malla de alambre soldado y recubrimiento de mortero

Se deberán rellenar las grietas con lechada y posteriormente reforzar el muro con malla electrosoldada.

Inyección de lechada.

Para su colocación, se debe barrenar el muro a lo largo de la grieta para colocar ahí las boquillas de inyección. Las boquillas deben estar separadas entre 70 y 300 mm; su separación dependerá de la anchura y rugosidad de la grieta. Si la anchura de las grietas es menor que 1 mm, se recomienda colocar las boquillas dentro de los barrenos y separarlas entre sí 70 mm. Los barrenos deben tener diámetros entre 6 y 12 mm, y una profundidad de 50 mm. Se recomienda usar sellador de silicón para fijar y sellar las boquillas al muro. Si las grietas son de mayor anchura, se pueden usar boquillas de superficie, que constan de una base metálica, que se adhiere al muro, y un tubo perpendicular (boquilla) que se conecta a la manguera.

Si el agrietamiento es por corte, es decir, sigue las juntas de mortero, se recomienda colocar boquillas a la mitad de la altura de las juntas verticales, ya que es menos probable ahí la presencia de finos o partículas que bloqueen el flujo de la lechada. Posteriormente, se limpia la grieta y los barrenos, retirando el polvo y material flojo o suelto con aspiradora. Existen en el mercado taladros con bombas de vacío o succión que usan brocas huecas, a través de las cuales se aspira el polvo mientras se perfora. Las brocas convencionales tienden a forzar el polvo y pedazos dentro de la grieta que se pretende inyectar, de modo que bloquean el paso de la lechada. Después, se sellan las grietas con algún material de fraguado rápido y capaz de resistir la presión de inyección. Generalmente, se usa pasta de viniléster o poliéster. Las pastas a base de vinil poseen la desventaja de ser ligeramente solubles al agua, de modo que pueden fugar durante la inyección.

Reforzamiento con malla electrosoldada.

Las mallas electrosoldadas se deberán anclar a la mampostería, así como a los castillos y dadas si existen, de manera que pueda alcanzar su esfuerzo especificado de fluencia (fig. 3.10). Se aceptará ahogar la malla en el concreto; para ello, deberán ahogarse cuando menos dos alambres perpendiculares a la dirección de análisis, distando el más próximo no menos de 50 mm de la sección considerada (fig. 3.10).

Si para fijar la malla electrosoldada se usan conectores instalados a través de una carga explosiva de potencia controlada o clavos de acero, el número mínimo será de nueve por metro cuadrado ($9/\text{m}^2$).

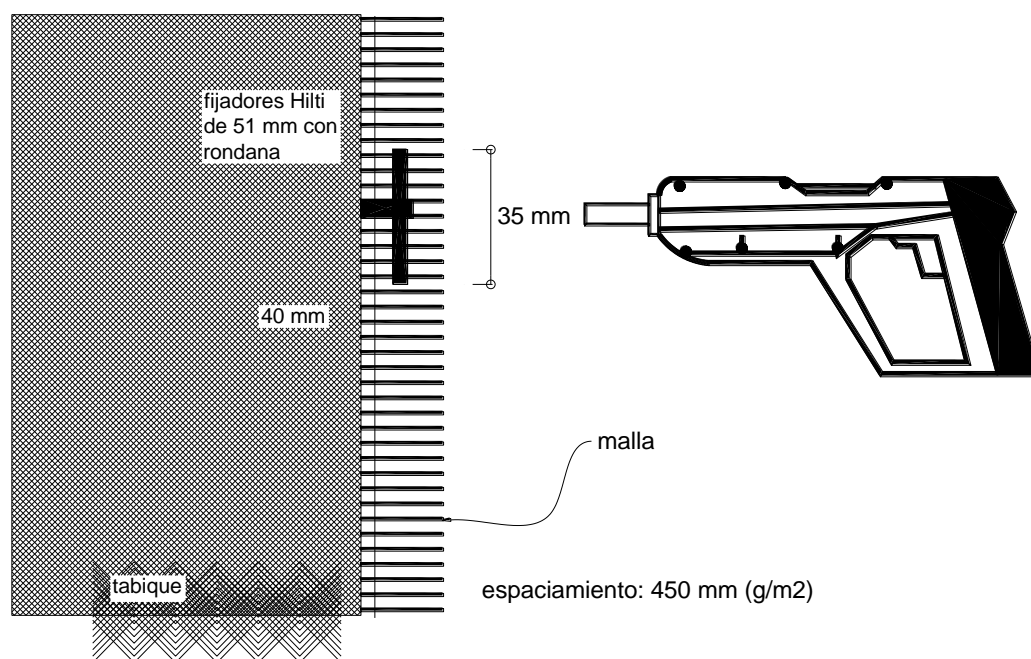
Las mallas deberán rodear los bordes verticales de muros y los bordes de las aberturas. Si la malla se coloca sobre una cara del muro, la porción de malla que rodea los bordes se extenderá al menos dos veces la separación entre alambres transversales. Esta porción de malla se anclará de modo que pueda alcanzar su esfuerzo especificado de fluencia.

Si el diámetro de los alambres de la malla no permite doblarla alrededor de bordes verticales de muros y los bordes de aberturas, se aceptará colocar un refuerzo en forma de C hecho con malla de calibre no inferior al 10 (3.43 mm de diámetro) que se traslape con la malla principal.

Proporcionamientos, en volumen, recomendados para mortero en elementos estructurales

tipo de mortero	partes de cemento hidrahulico	partes de cemento de albañilería	partes de cal hidratada	partes de arena*	resistencia nominal en compresión, f *, kg/cm2 (MPa)
I	I	—	0 a 1/4	no menos de 2.25 ni mas de 3 veces la suma de cementantes en volumen	125 (12.5)
	I	0 a 1/2	—		
II	I	—	1/4 a 1/2		75 (7.5)
	I	1/2 a 1	—		
III	I	—	1/2 a 1 1/4		40 (4)

* El volumen de arena se medirá en estado suelto



Conectores Hilti tipo X-ZF y herramienta para colocación.

Referencias:

Fuentes de información:

- [1]. INSTITUTO MUNICIPAL DE INVESTIGACIÓN Y PLANEACIÓN.**
- [2]. DIRECCIÓN DE PROTECCIÓN CIVIL DE LA PRESIDENCIA MUNICIPAL DE PACHUCA.**
- [3]. DIRECCIÓN DE OBRAS PÚBLICAS MUNICIPALES.**
- [4]. DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL EN HIDALGO.**
- [5]. COMISIÓN PARA ESTUDIOS DE ZONAS DE RIESGO POR OBRA MINERA.**
- [6]. ARCHIVO HISTÓRICO Y MUSEO DE MINERÍA DE LA CIUDAD DE PACHUCA.**
- [7]. CONSEJO DE RECURSOS MINERALES.**
- [8]. ATLAS ESTATAL DE RIESGOS.**
- [9]. ARCHIVO GENERAL DEL ESTADO DE HIDALGO.**
- [10]. PERIODICO OFICIAL DEL ESTADO DE HIDALGO.**
- [11]. EL SOL DE HIDALGO.**

Normas y Reglamentos:

- [12]. **Departamento del Distrito Federal** (DDF, 1993), "Reglamento de construcciones para el Distrito Federal", *Gaceta Oficial del Departamento del Distrito Federal*, México, D.F., 2 de agosto, 96 pp.
- [13]. **Gobierno del Distrito Federal** (GDF, 2002a), "Normas técnicas complementarias para el diseño y construcción de estructuras de mampostería", Anteproyecto del Comité de Normas, México, D.F., abril, 47 pp.
- [14]. **Municipio de Pachuca (1996)**, Reglamento de construcciones para el municipio de Pachuca de soto, Hidalgo; periódico oficial del estado de Hidalgo.

Referencias Bibliográficas:

- [15]. **Fundación ICA (2001)** "Edificaciones de Mampostería Para la vivienda", Capítulo 11, Alcocer, Sergio Investigador Titular, Instituto de Ingeniería, UNAM; Coordinador de Investigación, Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED.
- [16]. **Gonzalez Cuevas, Oscar y Robles Francisco.** (1992) "Reparación de estructuras de concreto y mampostería", UAM, México.
- [17]. **LOS SISMOS EN LA HISTORIA DE MÉXICO. GARCÍA, Acosta Virginia,** Ediciones Científicas Universitarias., 1996.
- [18]. **MANUAL DE EVALUACIÓN POSTSÍSMICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica., 1998.**
- [19]. **GEOLOGÍA Y YACIMIENTOS MINERALES DEL DISTRITO PACHUCA-REAL DEL MONTE, ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO. 1963. Consejo de Recursos Minerales.**

- [20]. Plan de Desarrollo Regional de la Zona Metropolitana de Pachuca,**
Instituto Municipal de Investigación y Planeación (IMIP), Presidencia
Municipal de Pachuca.

Memorias de Seminarios:

- [21].** 2° SIMPOSIO NACIONAL DE MAMPOSTERÍA Y VIVIENDA, 6 Y 7 DE
SEPTIEMBRE DE 2002, LEÓN GUANAJUATO. SMIE (SOCIEDAD MEXICANA DE
INGENIERÍA ESTRUCTURAL, A.C.)
- [22].** EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO, DEL 11
AL 13 DE SEPTIEMBRE DE 2002, MEXICO D.F. (SEMINARIOS
INTERNACIONALES DE EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS
DE CONCRETO, CONCRETO 2002) IMCYC.